TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 282 – MAIO – 1958

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

BOETTICHER Y NAVARRO PORTUGUESA, L.DA

LICENÇA Westinghouse

ASCENSORES, MONTA-CARGAS, MONTA-CAMAS E TODOS OS GÉNEROS DE APARELHOS DE ELEVAÇÃO

ELEVADORES DE 2 VELOCIDADES E MANOBRAS EM CORRENTE RECTIFICADA E ESPECIAIS DE FUNCIONAMENTO EM CORRENTE CONTÍNUA, CONSTRUÍDOS SEGUNDO TÉCNICA E PROCEDIMENTO

WESTINGHOUSE

FORNECEDORES DOS 50 ELEVADORES DO NOVO HOSPITAL ESCOLAR DO PORTO

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL DE ELEVADORES E ESCADAS ROLANTES DA

WESTINGHOUSE ELECTRIC INTERNACIONAL CO.—U. S. A.

R. Pereira Henriques, 1 — R. do Açúcar, 56
LISBOA
Tel. 38 26 92 Tel. 38 27 21

R. António José da Costa, 26-2.º — Porto
Tel. 45 732

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

FABRICA EM SACAVÉM

TELEF. 73 01 56 (4 linhas)

TELEG. EPALDA—LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXII - N.º 282 Maio de 1958

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

ADMINISTRADOR

RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

SECRETÁRIO

ALEXANDRE CERVEIRA

REDACTORES

ARTUR BAPTISTA
JOÃO MARTINS DE CARVALHO
JOÃO ULRICH
JORGE FONTAINHAS
LUÍS AIRES BARROS

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	80$00	110$00

★

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

★

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Galerias do Metropolitano de Lisboa no topo Norte da Estação Rotunda, na Praça Marques de Pombal.

Págs.

Aula Simbólica

Pelo Prof. Manuel P. R. da Costa de Barros 557

Efeitos dos recalques diferenciais nas estruturas lineares do plano e do espaço tridimensional

Pelo Prof. Samuel Chamecki — M. Asce 561

Notícia sobre os novos reservatórios do Monte dos Congregados, na cidade do Porto

Pelo Eng.º Albano do Carmo Rodrigues Sarmento 581

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 592

Pozolanas, betões com pozolanas e cimentos pozolânicos

Pelo Eng.º A. de Sousa Coutinho 593

Conclusões do II Congresso dos Economistas Portugueses e do II Congresso da Indústria Portuguesa . . . 635

Biblioteca 639

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

A. Gestetner XLIII
Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª VII
António Baró XLII
Atlantic — Fábrica Lusitana de Tintas e Vernizes, Limitada XXXVIII
Azevedo & Pessi, Ltd.ª XIV

B

Boetticher y Navarro Portuguesa, L.ª 2.ª da capa
Bouhon & Irmão, Ltd.ª XLII

C

Centrozap XVI
Ceresit XLV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . IV
Companhia «Cimento Tejo» XIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XL
Companhia União Fabril XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª XI
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VIII e XXXIX

E

Edmond Dardel II
Electro-Arco, Ltd.ª XXXVII
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XIX
Empresa Electro Cerâmica IV
Empresa de Produtos Asfálticos . . . 2.ª da capa
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos X
Eng.º Augusto Cavaco XXXVII

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXXVI
Fábrica Portugal XIII
Facto, Lda. XX

G

General Electric Portuguesa XXIV

H

Harker Sumner & C.ª, Ltd.ª XLII
Henriques & Castro, Ltd.ª XI

I

INEL XXVII
IST XXIX

J

Jayme da Costa, Lda. XXIII
J. Nascimento Cordeiro XXIV

L

Pág.

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV
Lusalite XXXII
Lusinstal XXXVII

M

Mabor XLIV
MAN XXX
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XLI
Monteiro Gomes, Ltd.ª XII

P

Papelaria Fernandes XXI
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

Santos Mendonça, Lda. XLVI
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
Shell XXV
SKF XXII
SMEIA VI
Sociedade Comercial de Isolamentos de Cortiça XXXIII
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Electrom XLIV
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XXVI
Sociedade Industrial Metalúrgica . XLV
Sociedade Portuguesa Cavan XIV
Socony-Vacuum Portuguesa . . . . 4.ª da capa
Socotel V
Sofai XLIII
SONAP XXXI
Sondagens Ródio, Ltd.ª XLII
SOPECATE XLIV
Standard Eléctrica IX

T

The Engineering Company of Portugal, Ltd. XXVIII
Tintas Valentine XXXV

U

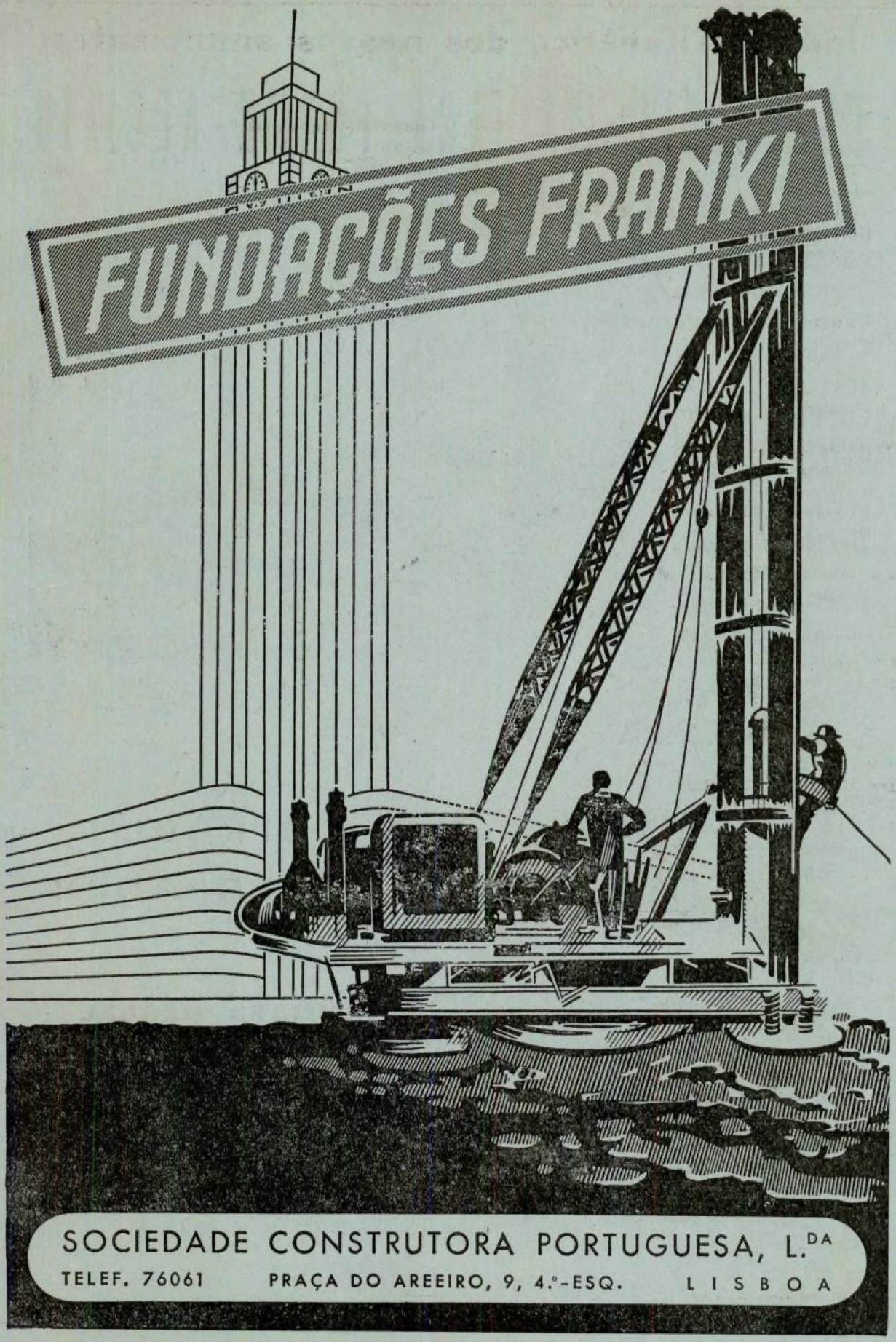
Universal XLIII

V

Vasco Pessoa, Lda. XXIX
Vitrofib XXIX

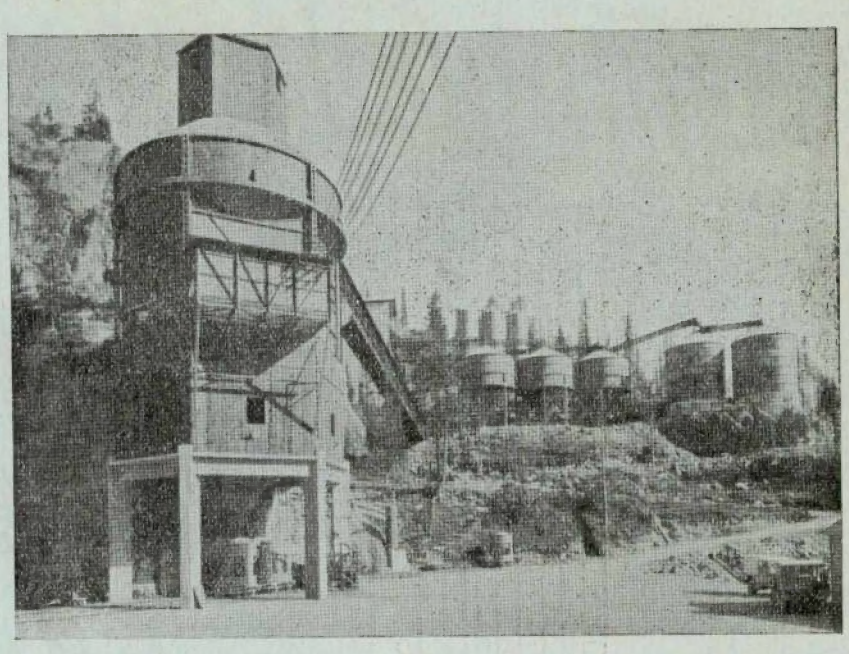
W

Wild Portugal, Lda. XXXIII

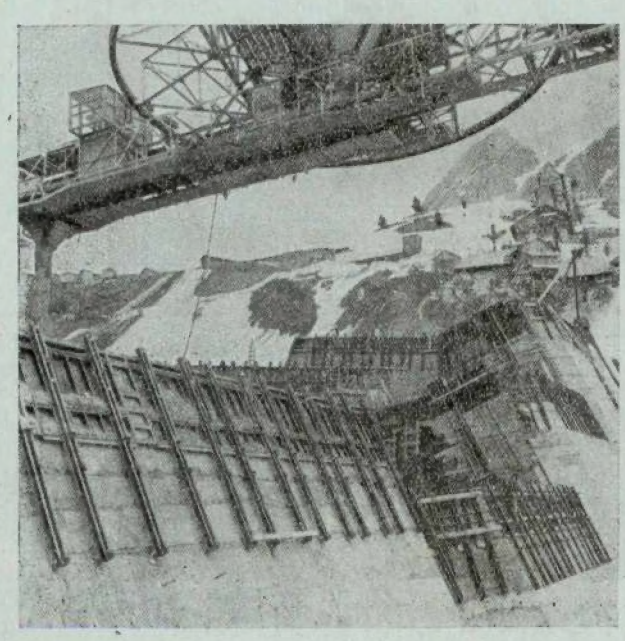

FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

COMPAGNIA ITALIANA FORME ACCIAIO

Cofragens metálicas para todas as construções de betão.
Centrais de dosagem.
Silos para cimento, cascalho, areia, etc.
Baldes para transporte de betão.
Pés de carneiro.
Elevadores verticais ou inclinados.
Alimentadores sem-fim para cimento, etc.



Consultem-nos para todos os vossos problemas de:



COFRAGEM E BETONAGEM

Agente Exclusivo:

EDMOND DARDEL

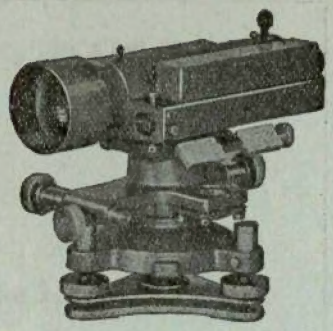
Engenheiro-consultor

RUA RODRIGUES SAMPAIO, 19-4.º B

Telefone 42289

LISBOA

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

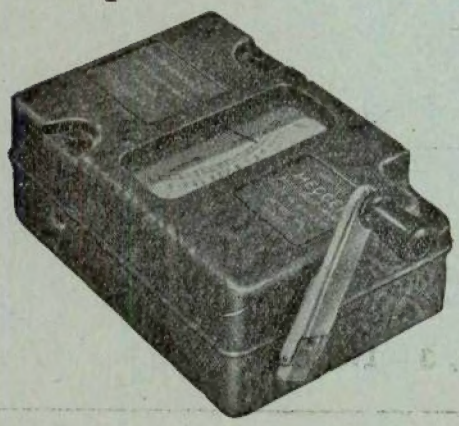


GRANDE SORTIDO
DE INSTRUMENTOS DE
PRECISÃO, CIENTÍFICOS
E INDUSTRIAIS

PARA

- ENGENHEIROS
- ARQUITECTOS
- CONSTRUTORES
- TOPÓGRAFOS
- DESENHADORES
- LABORATÓRIOS
- ESCOLAS
- OFICINAS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 24314 • TELEG.: TECNA



O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

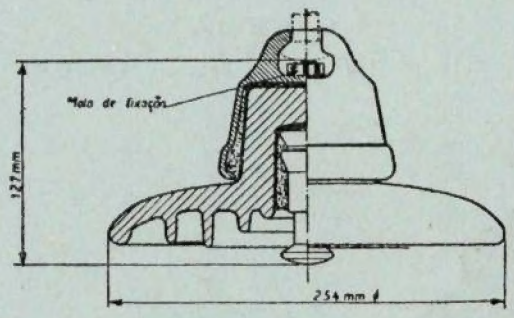
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

- **Redutores de velocidade normalizados**
- **Redutores de qualidade superior a preços vantajosos**
- **Entrega rápida**

na fabricação dos redutores de velocidade significa:

1 Fabricação preliminar, em grandes séries, de «carters», rodas dentadas, e outras peças, do que resulta uma disponibilidade constante dos elementos necessários para uma montagem rápida do redutor desejado.

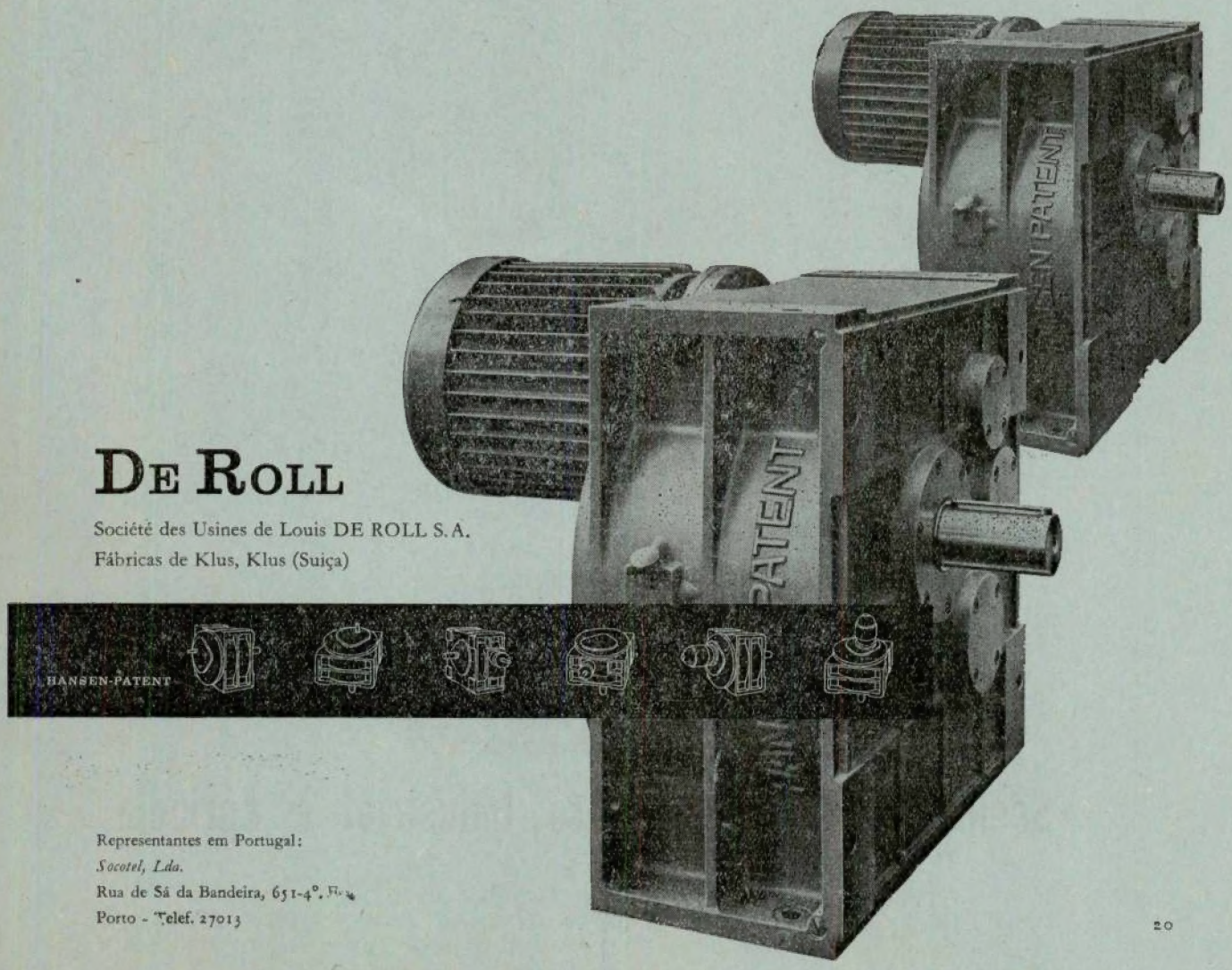
2 Os diversos elementos constituintes são intermutáveis mantendo-se a alta qualidade e precisão.

3 Entrega imediata das peças de reserva.

4 Possibilidade de efectuar uma fácil transformação dum tipo num outro.

Adaptação óptima a todas as exigências de trabalho, a pesar da normalização.

Os nossos técnicos estão à vossa disposição para escolher o tipo de redutor mais conveniente para cada caso.



DE ROLL

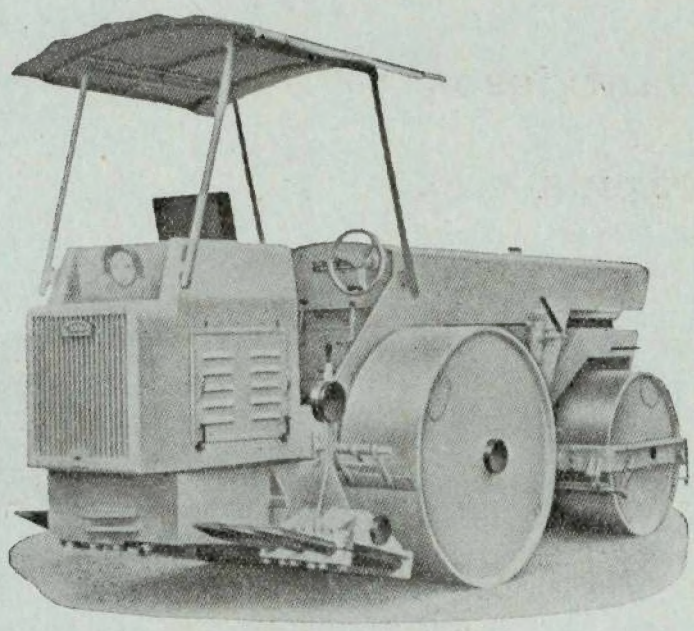
Société des Usines de Louis DE ROLL S.A.
Fábricas de Klus, Klus (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, Lda.
Rua de Sá da Bandeira, 651-4°. Fr.
Porto - Telef. 27013

SCANWO

CILINDROS PARA ESTRADAS
EQUIPADOS COM MOTOR DIESEL
BOLINDER

PARA ENTREGA IMEDIATA



SCANWO MODELO OTIL

Iluminação eléctrica, escarificador, regadores e raspadeiras

MOTOR BOLINDER

	OTIL	TITON	TOLEX
Peso (Ton.)	8 a 12	12 a 14	12 a 16
Kg/cm	24 a 76	32 a 79	40 a 81
Km/hora	1.7 a 11 0	1.3 a 8.3	1.2 a 7.7

SMEIA

Sociedade de Mecanização Industrial e Agrícola

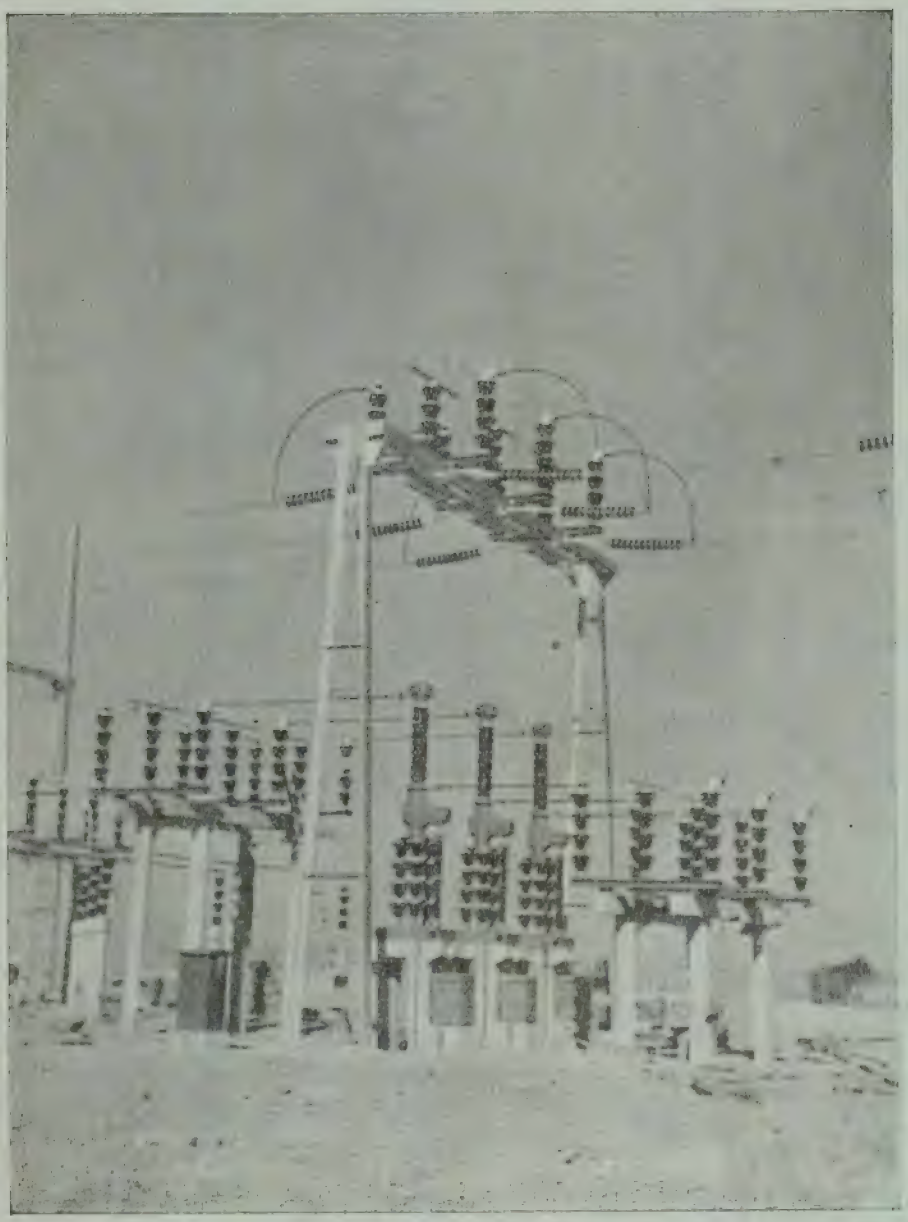
S. A. R. L.

LISBOA — Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B — Telef. 72 40 53

Ateliers de Constructions Electriques de

DELLE

de la Compagnie Générale d'Electricité, de Paris



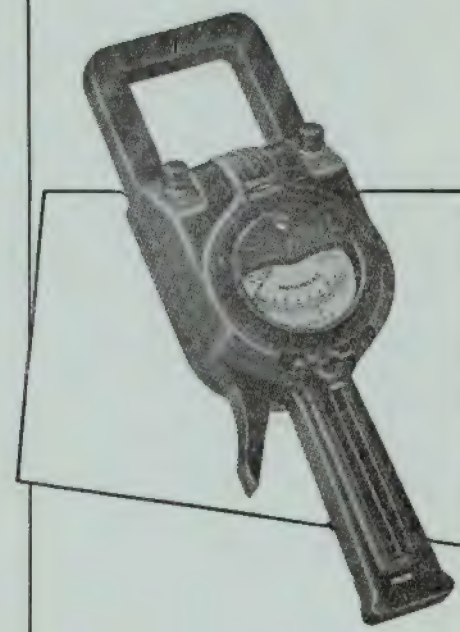
Subestação de Pereiros — Companhia Nacional de Electricidade
Disjuntores de 220 KV e 150 KV

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Côrtes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.
29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

Standard Electrica, S.A.R.L.

ASSOCIADA DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

NOVA YORK

PROJECTOS · FORNECIMENTOS · INSTALAÇÕES

- Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;
- Materiais de transmissão automática, por fios e por rádio;
- Material de rádiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta, e ultra-alta frequência;
- Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para rádiocomunicações, rádiodifusão e televisão;
- Equipamentos de rádiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;
- Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;
- Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;
- Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

SERVIÇOS TÉCNICOS, COMERCIAIS E FÁBRICA

AV. DA INDIA LISBOA

TELEFONES 63 8171/6

RADIOCOMUNICAÇÕES, ELECTRÓNICA, RADIODIFUSÃO E APARELHAGEM INDUSTRIAL

— Emissores, Receptores e Transceptores de todos os tipos, para HF e VHF
— Emissores e Equipamento de Estúdio para Televisão e Radiodifusão Sonora
— Sistemas de feixes hertzianos
— Televisão em circuito fechado, para todas as aplicações
— Aparelhagem de radar para navegação, previsão de tempo, aeroportos, fins militares, etc.
— Rádio-ajudas para navegação aérea e marítima
— Microscópios electrónicos e outros instrumentos científicos
— Lâmpadas electrónicas para todas as aplicações
— Aparelhagem de medida para Rádio e Electrónica
— Teleimpressores e equipamento acessório
— Instalações de som de todas as potências e tipos
— Cinema Sonoro de 35 mm e 16 mm
— Equipamento automático para verificação de bebidas
— Grupos moto-geradores
— Rádio-receptores, televisores e aparelhagem electro-doméstica
— Discos e fitas magnéticas virgens e gravados em alta fidelidade.

Estudos, Projectos, Propostas, Fornecimentos e Assistência Técnica

Agência Geral em Portugal

EMPRESA TÉCNICA EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.

LISBOA
Rua Rodrigo da Fonseca, 103
Telef. 680130/5

PORTO
Rua dos Clérigos, 64-2.º
Telef. 24819

PISCINA DO HOTEL ATLÂNTICO
ESTORIL

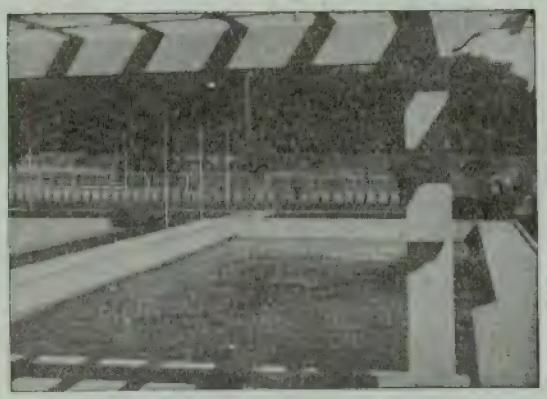
PETRIFICANTE E HIDRÓFUGO

À BASE DE CIMENTO

CEMPEXO

PINTURAS

PISCINA EM CARCAVELOS



DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96 LISBOA

TELEF. 775057 - 775058

Máquina "BENOTO" executando estacas de 1 m de diâmetro e 60 m de comprimento, nas fundações do viaduto de Sacavém, na auto-estrada do Vale do Tejo

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA — Telefones 22344 27809

Fundações

Construções Civis e Industriais

Betão Armado e Betão Pré-esforçado

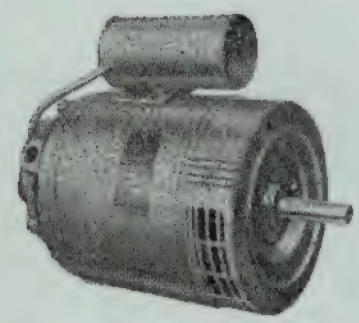
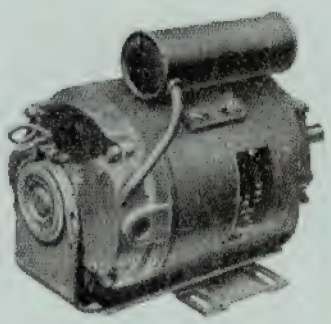
Obras Públicas

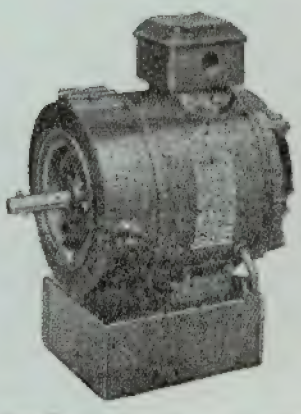
Concessionária do sistema de moldes deslizantes «PROMETO» e do sistema para execução de estacas de grande diâmetro «BENOTO»

'ENGLISH ELECTRIC'

MODELOS PARA TODAS AS APLICAÇÕES

Motores de 1/20 a 1 HP para corrente alternada, monofásicos ou trifásicos, e para corrente contínua, de construção protegida, blindada ou à prova de gotas



Motores de potência fraccionária

THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED, QUEENS HOUSE, KINGSWAY, LONDON, W.C.2

REPRESENTANTES

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLINICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

✵

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

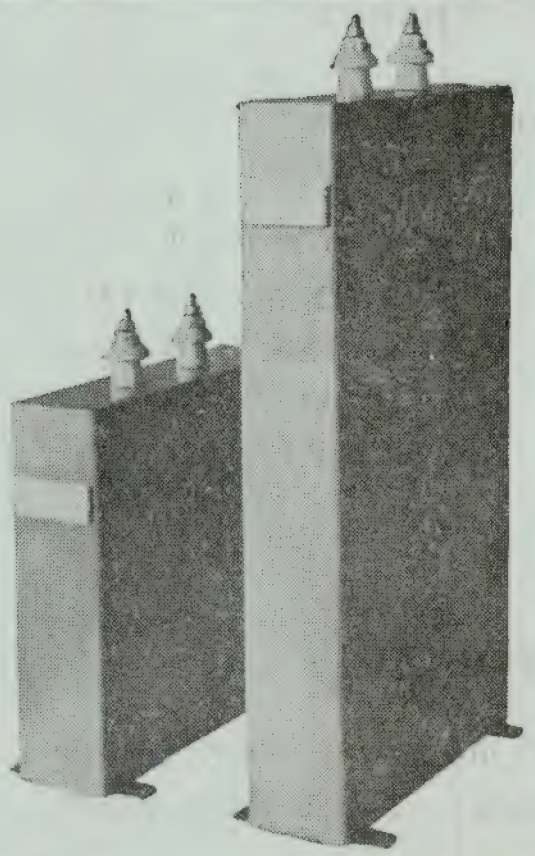
MANILHAS PARA ESGOTOS

✵

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA



CORRECÇÃO DO COS φ

COM

CONDENSADORES

HAEFELY

PARA ENTREGA IMEDIATA

REPRESENTANTES

AZEVEDO & PESSI, L.DA

RUA NOVA DO ALMADA, 46-1.º — LISBOA

Telef.: 2 44 95 — 2 98 79 — 2 03 54

LEACOCK (LISBOA). L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.

Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.

Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.

Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.

Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.

Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.

Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT

Contadores de água, de vapor e de óleo.

Tubos Venturi

Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.

Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.

Luz fluorescente.

Fornece para todos os mercados mundiais:

Máquinas e instalações mineiras
Máquinas e instalações de sondagens
Máquinas de fundição
Instalações de transporte e transbordo
Equipamento de soldagem
Máquinas e instalações siderúrgicas, metalúrgicas, etc.

Recomendamos especialmente as nossas máquinas de extracção de carvão, escavadoras — carregadoras combinadas, escavadoras, transportadores, martelos perfuradores e brocas, martelos pneumáticos, carregadores, ventiladores, instalações de sondagem por batedura ou rotação, bem como ferramentas para sondagens, trépanos, coroas de extracção de terra, etc.

As nossas misturadoras para a preparação de areia de moldagem, os moinhos de bolas para areia e as máquinas pneumáticas para moldar à pressão são de construção simples e fáceis de manejar.

Recomendamos ainda as nossas gruas automotoras e em camiões, pontes rolantes e de transbordo, talhas, geradoras de acetilene a alta pressão, distensores com manómetros, maçaricos-soldadores-talhadores, assim como as nossas instalações e equipamento para altos fornos, fábricas de aço, fundições, divisões de aglomeração, laminadores, etc., construções em ferro e reservatórios de petróleo muito conhecidos pelas suas excelentes qualidades.

A Centrozap empreende ainda todos os géneros de trabalhos de sondagem, extracção de massas de terra e exploração petrolífera ou mineral e construção de poços de água.

TÉCNICA

DIRECTOR: CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
ADMINISTRADOR: RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA
SECRETÁRIO: ALEXANDRE CERVEIRA

Ano XXXIII - N.º 282 Maio de 1958

C. D. U. 001 [62]

AULA SIMBÓLICA

PELO ENG.º MANUEL P. R. DA COSTA DE BARROS
(Prof. do I. S. T.)

Acedendo amàvelmente ao convite feito pelos alunos finalistas do Curso de Engenharia Mecânica, que terminaram as actividades escolares em 1957, proferiu o senhor Professor Eng.º Manuel da Costa de Barros as palavras que a seguir transcrevemos dado o interesse dos conceitos que nelas se contêm e a sua actualidade, relativa aos finais de anos lectivos.

São conhecidas as saudações que se endereçam aos que iniciam os trabalhos escolares; as recepções festivas que se dispensam a novos alunos, acompanhadas de juvenis e expontâneos regosijos: — recepções que vistas de mais alto foram consideradas um dia pelo Doutor Mira Fernandes, numa notável «Oração de Sapiência», simultâneamente como uma oferenda e uma comunhão: uma oferenda de esforços e uma comunhão de ideais.

Mas o que parece constituir inteira novidade é a ideia de realizar também, com um pouco de «simbolismo», o fecho das actividades escolares; de atribuir uma intenção representativa à última hora de aula, que vê reunidos, num conjunto de franca e ainda leal camaradagem, os que longamente caminharam na preparação do seu curso e suspendem a marcha para melhor experimentarem, num hausto consolador e legítimo, a satisfação dum dever cumprido, perante as duras exigências da vida profissional que os espera.

E no entanto, pensando bem, não se pode deixar de reconhecer que há certa razão para pôr de algum modo em destaque — como o faço agora, de acôrdo com o desejo manifestado pelos finalistas — o significado desta aula.

Sem a categoria dum termo oficial e definitivo, êste momento, que nem sequer pode dar por acabada a prestação de todas as provas escolares e que por isso está longe ainda de corresponder ao reconhecimento de qualquer investidura, é, todavia, dos que ficam na memória dos cursos, por separar dois períodos inteiramente distintos: fecho por um lado das actividades escolares, pode ser também considerado como início do novo período que se abre aos olhos dos novos engenheiros, deixando já sentir, bem viva e palpitante, a promessa das actividades futuras.

Considerando este momento como fecho dum período de preparação e de estudo, vem a talho de foice procurar saber se realmente a Escola, sôbre uma base de cultura, terá dado ao futuro engenheiro as condições indispensáveis para exercer a profissão e dominar capazmente os problemas que se lhe apresentem.

Não é fácil responder a esta pergunta.

A dúvida começa já pela própria palavra «engenheiro», cujo significado não se acha ainda devidamente esclarecido.

As definições dos «lexicons» diferem umas das outras e nenhuma satisfaz. — «Engenheiro» é palavra oriunda do francês e, mais remotamente, do latim: — «ingenium», como sinónimo de: «engenho», «talento», «aptidão».

Mas qualquer destes significados pode andar adstrito a muitas outras profissões. Não é atributo exclusivo da engenharia.

As dificuldades agravam-se regressando ao inquérito enunciado e tratando de analisar a influência da Escola.

A este respeito vai por aí uma profunda confusão de ideias, uma espessa nebulosa de conceitos, como é fácil de verificar pondo em confronto as orientações existentes: — é a eterna diversidade de opiniões acerca das questões do ensino, agora mais agravada pela luta entre a formação técnica e a formação humanística.

Dizem uns: «Sem um mínimo de cultura especializada não pode haver exercício consciente da profissão».

E logo outros acodem: «Não se deforme a nossa individualidade com excessivas especializações. O engenheiro tem de ser sobretudo, humano».

E há quem nesta esteira tenha chegado ao extremo de afirmar:

«O conceito técnico de Universidade traduz-se pelo desprezo da cultura, da ciência pura, da formação da mentalidade e do carácter em benefício de uma simples aprendizagem profissional especializada.»

Em contra-partida, surge também quem proclame:

«... o homem civilizado seria hoje incapaz de viver sem a ajuda e a influência do engenheiro. Se fosse possível, na nossa era, eliminar essa ajuda e essa influência de uma zona do Globo, ela despovoar-se-ia como as areias do Sará ou os gêlos do Polo — e os filósofos maldizentes não seriam talvez os últimos a emigrar.»

Mas não se prossiga na apresentação deste debate.

Para mim tenho que ele é inteiramente ocioso e que qualquer pode, com boa vontade, dar-lhe uma solução de razoável, quando não de perfeito equilíbrio. Basta para isso evocar o luminoso exemplo do grande pensador Spinoza, o célebre judeu, filho de pai português, que foi nascer à Holanda.

Triste sina esta nossa, nos domínios da cultura, diga-se de passagem: — Os nossos grandes homens... vão nascer ao estrangeiro! Outras vezes vão lá morrer... e então é como se a morte os tornasse a naturalizar: — veja-se o nosso Santo António.

Mas regressando à questão. Em obediência à lei, e seguindo à risca a doutrina dos velhos doutores de Israel, Spinoza exercia duas formas de actividade inteiramente distintas: durante o dia, numa oficina, com as mãos bezuntadas de óleo e esmeril, cultivava uma arte mecânica, pulindo lentes para instrumentos de óptica; e à noite, entregue a fecundas meditações, no recolhimento da sua casa, compunha a sua famosa «Ética».

Evidentemente que ninguém supõe aqui, nem creio que em parte alguma, que escrever «Éticas» seja coisa que se possa recomendar.

Mas não é de as escrever que se trata: é simplesmente e muito legitimamente de as ler; — ler «Éticas» e ler também e meditar páginas de História, de livros de Arte e de conteúdo filosófico — eis como se pode suprir, muito à vontade, essa falta de «suplemento de alma» que atormentava Bergson ao considerar que vai havendo um avanço cada vez maior do progresso técnico em relação ao progresso moral.

E estou certo que com esta prevenção, nada nos ficarão a ganhar aqueles que encaram, muito de alto, os nefandos problemas da Técnica. É este, creio, um dos melhores conselhos que posso deixar aqui aos jovens engenheiros, procurando contribuir para a completa formação dos seus espíritos.

Retomando o «balanço» das actividades da Escola, importa mencionar neste passo uma das grandes dificiências do ensino e da preparação dos futuros engenheiros: a que se relaciona com *os laboratórios*, cuja falta se faz sentir com graves prejuízos.

Nestes domínios, o mundo atravessa hoje uma fase de evolução que tende a objectivar cada vez mais a compreensão dos fenómenos e a essência das questões técnicas, considerando o laboratório como fulcro e centro de toda a actividade escolar.

Pode remontar-se, a propósito do que se deixa dito, às previsões de Pascal: «na Física, a experiência é a verdadeira mestra». — E a engenharia mecânica é um desenvolvimento da Física.

Poderoso instrumento de investigação e de progresso, a teoria trata de homologar conhecimentos no sentido de estabelecer a *interpretação* e a *previsão* dos fenómenos. «Interpretar» e «prever» — eis, na realidade, dois atributos da verdadeira técnica.

Mas se a previsão não condiz com os factos reais, de nada vale a teoria.

Reforça estas afirmações o conceito do grande artista o homem da ciência Leonardo da Vinci, quando se refere mais particularmente a fenómenos hidráulicos e diz: «tratando-se da água, consulte-se primeiro a experiência, e só depois a razão».

Galileu referiu que podia conhecer melhor o movimento dos corpos celestes do que os fenómenos duma corrente de água. E um ilustre técnico moderno, focando o assunto com mais precisão e pormenor, acrescentou: «apesar dos constantes esforços de várias gerações de matemáticos, a mecânica dos fluídos encontra-se longe ainda de dar solução a muitos problemas práticos que se apresentam ao engenheiro da actualidade. A incerteza das hipóteses e as dificuldades analíticas tornam a solução difícil e intrincada; e, o que é pior, insegura, por exprimir apenas, e por vezes de modo grosseiro, uma primeira aproximação».

Isto obrigou a procurar na experiência a explicação e os auxílios que a teoria não está em condições de fornecer».

Observando, medindo e comparando, assimila-se melhor a essência dum conceito ou a verdade dum princípio, do que procedendo por via especulativa e abstracta.

Melhor do que a experiência, a teoria *prevê*; mas melhor do que a teoria, a experiência *vê*. — Vê e verifica.

E a verificação é uma última instância.

Do ponto de vista formativo não se pode conceber a existência de futuros engenheiros sem que na sua preparação eles tenham tido um contacto directo com os fenómenos reais. A experimentação é uma verdadeira humanidade científica.

É necessário, porém, frizar que não é pròpriamente pelo conhecimento imediato que sem o laboratório fica por contrair, que se torna particularmente nociva a deficiência experimental. O prejuízo é outro e de mais largo alcance.

Na comparação com outras formas de acção didáctica, como o quadro negro da aula teórica ou o estirador da aula prática, é necessário salientar que nunca estiradores ou quadros negros deixaram de se conformar com erros que lhes tenham sido confiados pelo lápis ou pelo giz. O contrário sucede com o laboratório que logo reage à mínima falta, frustrando o trabalho em execução e apontando ao experimentador o erro cometido.

Quer dizer: *o laboratório obriga a uma disciplina e impõe um sentido de responsabilidades.*

É esta, quanto a mim, a sua principal vantagem; — mais importante ainda, sob o ponto de vista didáctico e profissional, do que pròpriamente a que se refere às informações experimentais, em substituição das que provêm da cultura livresca.

Mas nem em todas as secções da Escola os futuros engenheiros puderam encontrar esta excelente preparação que se aproxima, mais do que qualquer outra, das condições da vida prática...

Condições da vida prática!...— É tempo de tratar agora deste segundo aspecto, atrás enunciado.

Mas confesso, aqui, sinto-me menos à vontade para atacar o problema, tanto mais que, pela sua natureza, ele próprio não se ajeita a ser investigado com segura descriminação, dada a vastíssima variedade de funções em que se desdobra a Engenharia Mecânica e dum modo geral, qualquer dos ramos de Engenharia professados na Escola.

Assim, pode acontecer que o estudante de ontem se sinta atraído pelo encanto das *Ciências puras* ou que enverede pelos domínios das *Ciências aplicadas*, dando ocasião a que surja, num gabinete de estudo o construtor, numa oficina o chefe, num laboratório o investigador; pode também acontecer que o aluno de ontem acenda a sua candeia na Meca doutras especialidades ou que derive para o campo da *Economia*, ou ainda para o exercício de funções administrativas, ligado a Empresas ou a serviços oficiais do Estado.

Inúmeras são as direcções que irradiam da Escola, e, perante esta diversidade de destinos não é fácil nem talvez mesmo possível estabelecer premissas, gisar planos, fixar rigidamente preceitos a seguir.

Em todo o caso parece que algumas normas há que podem ser citadas como susceptíveis duma aplicação geral.

Respigam-se, um pouco ao acaso, umas tantas dessas normas.

Assim:

— Quem começa, tem de lembrar-se da regra prudente de que *«só se deve fazer aquilo que se sabe»*, sem esquecer ao mesmo tempo, esse bem rigoroso conceito *de que «só se sabe, verdadeiramente, aquilo que se faz.»* — As *«forcas caudinas da experiência* estão sempre armadas sobre as cabeças que meditam, e estas meditam melhor depois de pago o tributo de se inclinarem à sua passagem;

— A preparação escolar não é tudo; é necessário que se lhe siga uma outra preparação «post--escolar» e que se trate de obter uma formação de «profissionalismo»;

— O empirismo vai cedendo por toda a parte perante a intervenção científica, apoiada na «intuição», como qualidade mais nobre do espírito humano, e nos métodos da dedução;

— Como «desejo de saber», a curiosidade é um estímulo da vocação, e esta é fortalecida pelos olhos que sabem *«ver»* e pelo pensamento que sabe *«imaginar»*: *«imaginação* e *espírito de observação»* eis dois dos melhores atributos do engenheiro;

— Ser tenaz e pertinaz pode contribuir para que se vença: e o génio — disse Buffon — é uma longa paciência;

— E para quem tenha de dirigir, será útil talvez esta sentença napoleónica: «não é digno de dar uma ordem quem não sabe medir todas as consequências que dessa ordem possam resultar;

— Também na Engenharia, conforme disse o marechal Marmont a respeito da Guerra, é necessário ter, visto que duma luta se trata, enfrentando a natureza — a *previsão do imprevisto.*

E para terminar, pode acrescentar-se o voto que se formula de que cada qual revigore a profissão de fé de que tem fé na profissão, para que na sequência dum período em que se estudou na dúvida, se veja chegado o tempo de realizar na certeza, na convicção e no entusiasmo.

Com esta perspectiva, que aqui desdobro perante a vista dos senhores, meus estimados colegas dentro em breve — é natural que me sinta inclinado a acrescentar a um *sentimento de respeito pelo presente,* pois que já respeito merecem os que se mostraram capazes de transpor os obstáculos duma longa vida escolar, — um *sentimento de admiração* por aquilo que possam vir a ser um dia.

MAGUE

S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA

Alverca — Portugal

Grua flutuante destinada a trabalhos de dragagem, em serviço nas obras de ampliação do porto do Funchal

Carga . . . . . 8 ton

Alcance máx. . . . 8,5 m

PROJECTO E FABRICO DE

PONTES ROLANTES

GUINDASTES

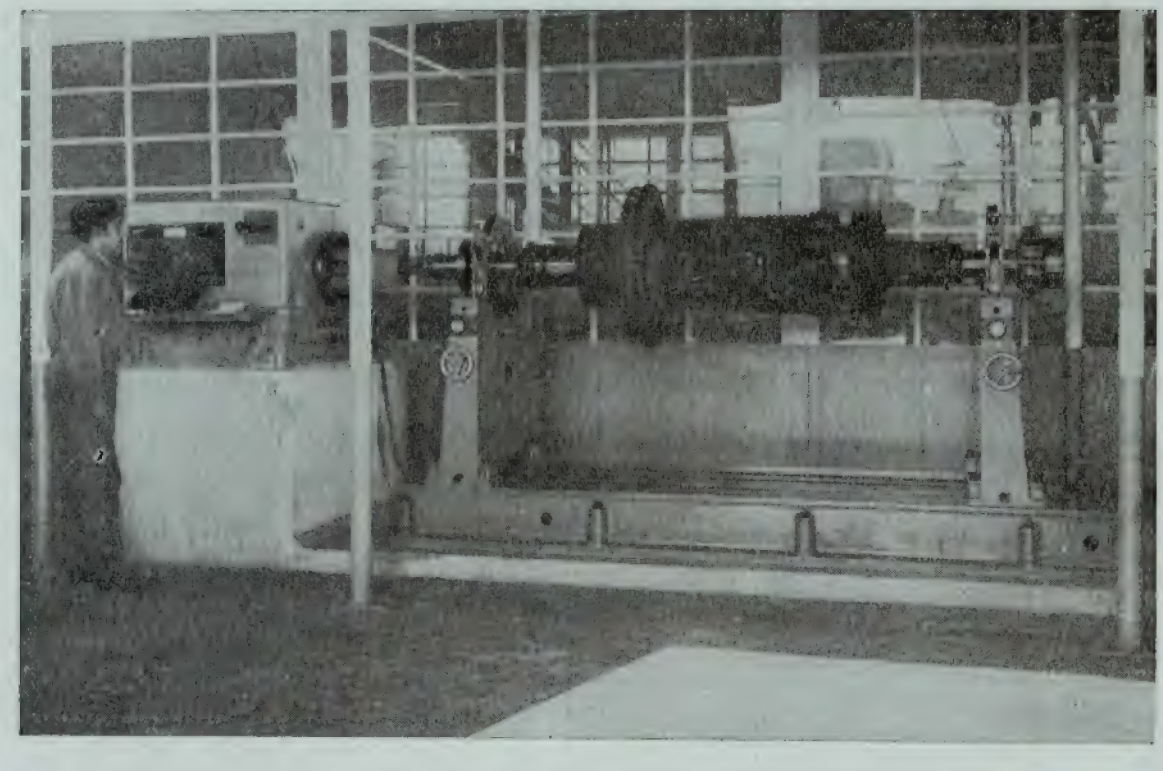
GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS

APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS

CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

A COMPANHIA UNIÃO FABRIL

põe à disposição dos seus clientes no Estaleiro Naval:



— Uma oficina de Ensaios e Reparação Diesel

— Uma máquina electrodinâmica de equilibragem para rotores de 30 a 3000 Kgs. — 2 M. de diâmetro máximo — 3,420 m. entre apoios.

ROCHA DO CONDE DE ÓBIDOS

LISBOA

Telef. 66 21 48

C. D. U. 624.131.526
624.041.2

Efeitos dos recalques diferenciais nas estruturas lineares do plano e do espaço tridimensional

SAMUEL CHAMECKI — M. ASCE
Professor Catedrático de Estabilidade das Construções da Escola de Engenharia da Universidade do Paraná

1 — INTRODUÇÃO

A não consideração do efeito dos recalques diferenciais das fundações, no cálculo das estruturas hiperestáticas, faz com que as mesmas trabalhem em condições diversas das previstas.

Se a estrutura não apresentar condições favoráveis à redistribuição de esforços que, conseqüentemente, se processa, pode mesmo atingir uma situação de insegurança.

Várias são as razões porque, nos cálculos correntes de estruturas, não se leva em conta os efeitos dos recalques diferenciais:

1.ª — A previsão dos recalques depende de um estudo mais demorado e oneroso e implica em um perfeito intercâmbio entre os especialistas de estruturas e mecânica dos solos pois, para a consideração da rigidez da estrutura no recalque, devem ser conhecidos, prèviamente os *coeficientes de transferência de carga* (1) que são constantes elásticas do conjunto estrutural.

2.ª — O cálculo dos *coeficientes de transferência de carga* e o traçado dos diagramas dos esforços internos solicitantes, devidos aos recalques diferenciais, implicam em um trabalho adicional considerável para o calculista, mòrmente nos casos em que se deve levar em conta a influência dos recalques que se processam nos intervalos em que os andares são erigidos.

3.ª — Finalmente, comportando-se reològiçamente o concreto como um corpo elasto-viscoso, no caso do recalque processar-se lentamente, torna-se difícil determinar as tensões resultantes na estrutura que se acha submetida à baixa velocidade de deformação.

O cálculo do efeito dos recalques diferenciais na estrutura, considerando-a no regime elástico, fornece resultados razoáveis para os casos em que o recalque se processa com relativa rapidez podendo-se, ainda, compensar o efeito da deformação lenta com uma adequada escolha do módulo de elasticidade E para o material.

Conhecidos os recalques diferenciais, qualquer processo da hiperestática permite o traçado dos diagramas dos esforços internos solicitantes na estrutura.

Para o cálculo, porém, da estrutura no espaço tridimensional, o processo da *propagação dos deslocamentos* é o que menos dificuldade apresenta pois, além de outras vantagens, não exige a resolução de sistema de equações simultâneas para o cálculo das translações (deslocabilidades) dos nós.

A eficiência do processo já foi demonstrada na obtenção dos *coeficientes de transferência de carga* (1) e no traçado das *linhas de influência* (2) nas estruturas lineares do plano e do espaço tridimensional.

No presente trabalho será o processo da *propagação dos deslocamentos* aplicado ao cálculo dos esforços internos solicitantes devidos aos recalques diferenciais da fundação.

2 — MÉTODO GERAL DE RESOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS HIPERESTÁTICAS (3)

O *método geral* para o cálculo de uma estrutura estàticamente indeterminada, consiste em substituir a *estrutura dada* por uma *estrutura fundamental*

---

(1) SAMUEL CHAMECKI — «Consideração da Rigidez da Estrutura no Cálculo dos Recalques da Fundação» — Anais do I Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos — Vol. I — Porto Alegre, R. G. do Sul — Brasil, 1954.

(2) SAMUEL CHAMECKI — As linhas de Influência nos Pórticos Contínuos Planos e do Espaço Tridimensional» — Editora Científica — Rio de Janeiro — Brasil, 1954.

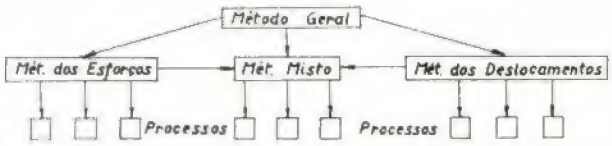
(3) Para maior desenvolvimento ver SAMUEL CHAMECKI — «Curso de Estática das Construções» — 1.ª parte: Teoria geral das estruturas lineares do plano e do espaço tridimensional — Editora Científica — Rio, Brasil — 1956.

de cálculo conhecido (geralmente determinada), na qual agem, externamente, as incógnitas superabundantes.

Se, para formar a estrutura fundamental, eliminamos vínculos na estrutura dada, devemos aplicar em seu lugar os *esforços* que eles transmitiam e impor a condição de que não se processem os deslocamentos que eles impediam. O conjunto dessas condições fornece as *equações de coerência*, que permitem calcular os *esforços* incógnitos. O método, nesse caso, toma o nome de *método dos esforços*.

Se, por outro lado, adicionamos vínculos à estrutura dada, devemos aplicar em seu lugar os *deslocamentos* que antes existiam e impor a condição de que não se verifiquem esforços que não se processavam em sua ausência. Teremos, assim, o *método dos deslocamentos*, no qual as equações de coerência permitem calcular os *deslocamentos* incógnitos.

O uso conjunto das duas formas de modificar os vínculos na estrutura dada para formar a estrutura fundamental, dá lugar ao chamado *método misto*.



Todos os demais processos de cálculo das estruturas indeterminadas daí se originam, nada mais significando do que modos de solução das equações de coerência, estabelecidas para determinadas estruturas fundamentais.

Para o cálculo do efeito dos recalques diferenciais em estruturas hiperestáticas, no plano e no espaço tridimensional, daremos a seguir o processo da *propagação dos deslocamentos*, que é derivado do método dos deslocamentos.

3 — MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS

Para calcular os deslocamentos devidos ao recalque Δ_B da viga da figura 1a, a estrutura fundamental escolhida, de acordo com o método dos deslocamentos, é a da figura 1b, que tem os nós B e C impedidos à rotação. Para que a estrutura fundamental substitua a estrutura dada, é necessário aplicar em B e C as rotações X_1 e X_2 que foram impedidas e que são as incógnitas geométricas a determinar. Impondo a condição de que na direcção de cada incógnita o esforço deve ser nulo, obtemos as equações de coerência, em número igual ao de incógnitas, e que determinam o problema.

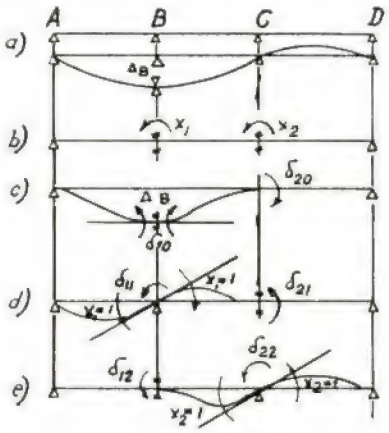


Fig. 1

O esforço δ, na direcção de uma incógnita qualquer X_i, compõe-se dos esforços causados: a) pelos efeitos externos δ_{io} (termo de carga); b) pela própria incógnita com valor unitário δ_{ii}, multiplicada pelo valor X_i da incógnita e; c) pelas demais incógnitas (que possam induzir esforço na direcção X_i) com valores unitários δ_{ij}; multiplicadas pelos valores X_j.

Assim, pois, as equações de coerência para o nosso caso, serão:

$$\left.\begin{aligned} \delta_{10} + \delta_{11} \,.\, X_1 + \delta_{12} \,.\, X_2 = 0 \\ \delta_{20} + \delta_{21} \,.\, X_1 + \delta_{22} \,.\, X_2 = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

onde:

δ_{10} = momento flector na direcção de X_1, proveniente do efeito externo (recalque em B) — fig. 1c;

δ_{11} = momento na direcção de X_1, proveniente de $X_1 = 1$ (rotação unitária em B) — fig. 1d;

$\delta_{12} = \delta_{21}$ (por reciprocidade) = momento na direcção de X_1, proveniente de $X_2 = 1$ (rotação unitária em C) — fig. 1e, etc.

Resolvidas as equações (1), obtemos os valores dos deslocamentos incógnitos X_1 e X_2, que nos permitirão, como veremos, calcular os esforços internos solicitantes.

4 — RESOLUÇÃO DAS EQUAÇÕES POR ITERAÇÃO

Como é sabido, a matriz correspondente às equações de coerência do tipo (1), no método dos deslocamentos, apresenta, geralmente, forte predominância da diagonal, o que permite e recomenda adoptar-se a solução pelo processo de iteração, visto ser rápida a convergência para o resultado final.

Teremos, assim, os valores X' no 1.º ciclo e o seu significado físico representado na figura 2:

$X'_1 = -\dfrac{\delta_{10}}{\delta_{11}}$ = rotação no nó B, permanecendo C engastado, isto é, $X'_2 = 0$ (fig. 2a);

$X'_2 = -\dfrac{\delta_{20}}{\delta_{22}} - \dfrac{\delta_{21}}{\delta_{22}} X'_1$ = rotação no nó C, estando B impedido de girar após ter atingido o valor X'_1 (fig. 2b);

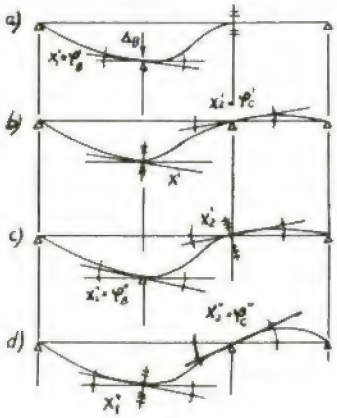


Fig. 2

No 2.º ciclo, teremos:

$X''_1 = -\dfrac{\delta_{10}}{\delta_{11}} - \dfrac{\delta_{12}}{\delta_{11}} X'_2$ = rotação no nó *B*, estando *C* fixo na posição X'_2 (fig. 2_c);

$X''_2 = -\dfrac{\delta_{20}}{\delta_{22}} - \dfrac{\delta_{21}}{\delta_{22}} X''_1$ = rotação no nó *C*, estando *B* fixo na posição X''_1 (fig. 2_d).

E assim por diante, até nos aproximarmos suficientemente dos valores finais de X_1 e X_2.

5 — PROCESSO DE «PROPAGAÇÃO DOS DESLOCAMENTOS»

Se, em vez de figurar a estrutura fundamental, estabelecer as equações e resolvê-las, sistematizarmos as operações, sobre um esquema da estrutura, instituiremos o processo que denominamos de *propagação dos deslocamentos.*

Chamando de:

$\varphi_{OB} = -\dfrac{\delta_{BO}}{\delta_{BB}}$ = rotação primária no nó *B*;

$T_{BC} = -\dfrac{\delta_{CB}}{\delta_{CC}}$ = coeficiente de propagação de *B* para C, teremos, sobre um esquema da estrutura, os resultados do item 4, com os significados físicos representados na fig. 2.

Na figura 3, colocamos em retângulos, junto aos nós, as rotações primárias e com flechas indicamos os coeficientes de propagação.

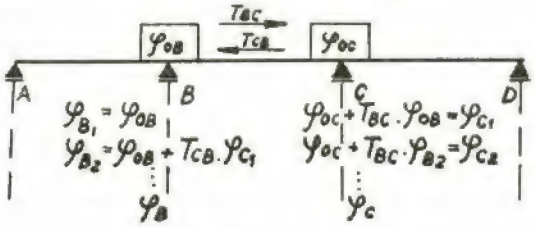


Fig. 4

Obtemos, sucessivamente, os valores φ_{B1}, φ_{C1}, φ_{B2}, φ_{C2}, etc., calculados como se indica na fig. 3

A sistematização do processo será feita em seguida.

6 — CONVENÇÃO DE SINAIS [4]

São positivos os vetores representativos de deslocamentos (rotações e translações) ou de esforços (momentos e forças) das extremidades das barras, que coincidirem com os sentidos do triedro trirretangular da fig. 4

O observador identificado com o vetor e com os pés na origem, vê a rotação ou o binário (momento) no seu sentido sinistrorso.

7 — ÍNDICES DE RIGIDEZ DAS BARRAS

Adotaremos as seguintes definições:

A) Índice de rigidez à flexão K, é o momento fletor necessário para girar de um ângulo unitário a extremidade de uma barra, estando a outra engastada perfeitamente ou rotulada.

---

[4] SAMUEL CHAMECKI — «Uma convenção de sinais para as Estruturas Reticuladas no Espaço Tridimensional» — Anais das 3.as Jornadas Sul-americanas de Engenharia Estrutural — Instituto Tecnológico — P. Alegre — R. G. do Sul — Brasil — 1952.

Aplicado esse momento K em uma extremidade aparece, induzido na outra, um momento K′ e as forças cortantes K'_Δ na barra.

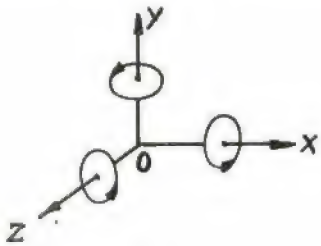


Fig. 4

Na figura 5a temos, para barra com a extremidade oposta engastada:

Índice de rigidez à flexão em A:

K_A; esforços induzidos: K′ e $K'_{\Delta A}$;

Índice de rigidez à flexão em B:

K_B; esforços induzidos: K′ e $K'_{\Delta B}$.

Para barra com a extremidade oposta rotulada temos, na figura 5b:

K em A: K_A; K′ = 0 e $K'_{\Delta A}$;

K em B: K_B; K′ = 0 e $K'_{\Delta B}$.

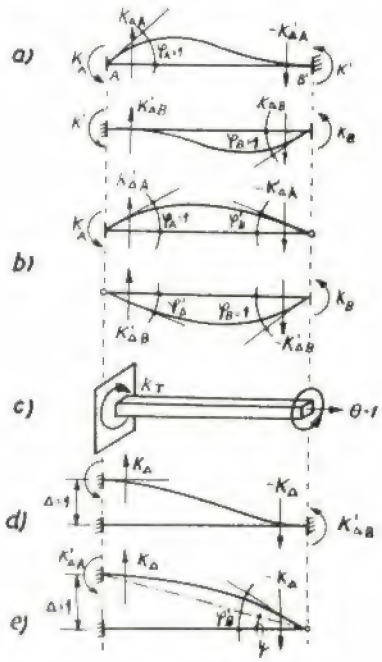


Fig. 5

B) Índice de rigidez à torção K_T, é o momento de torção necessário para girar de um ângulo unitário a extremidade de uma barra, estando a outra engastada perfeitamente. Aplicado esse momento de torção K_T em uma extremidade, aparece induzido na outra um momento de torção $-K'_T$ (fig. 5 c).

C) Indice de rigidez à translação K_Δ, é a força cortante necessária para transladar de um valor unitário a extremidade de uma barra bi-engastada ou engastada-rotulada. Aplicada essa força cortante K_Δ, aparecem induzidos, nas extremidades das barras os momentos fletores K'_Δ (iguais, por reciprocidade, às forças cortantes induzidas na rigidez à flexão).

Na figura 5 d temos, para barra bi-engastada: índice de rigidez à translação: K_Δ; momentos induzidos: $K'_{\Delta A}$ e $K'_{\Delta B}$.

Para barra engastada-rotulada temos, na figura 5 e: índice de rigidez à translação: K_Δ; momentos induzidos: $K'_{\Delta A}$ e $K'_{\Delta B} = 0$.

O càlculo dos índices de rigidez será feito por meio dos denominados *fatores de forma G′, G, F* e *T* das barras isostáticas.

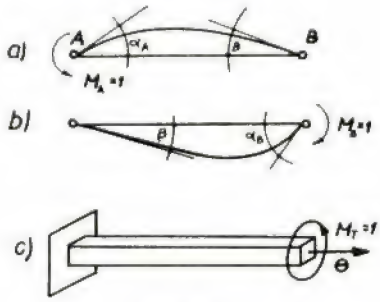


Fig. 6

Chamamos (fig. 6):

$G' = a_A \cdot E_C J_C$ = ângulo de rotação da barra bi-rotulada AB em A, para $M_A = 1$, multiplicado por $E_C J_C$;

$G = a_B \cdot E_C J_C$ = ângulo de rotação da barra bi-rotulada AB em B, para $M_B = 1$, multiplicado por $E_C J_C$;

$F = \beta \cdot E_C J_C$ = ângulo de rotação da barra bi-rotulada AB em A, para $M_B = 1$ ou em B para $M_A = 1$, multiplicado por $E_C J_C$;

$T = \Theta \cdot E_C J_C =$ ângulo de rotação à torção na extremidade livre da barra engastada-livre, quando aí age um momento de torção $M_T = 1$, multiplicado por $E_C J_C$, onde $E_C J_C$ é uma constante arbitrária de dimensões iguais às de um produto de rigidez (momento de inércia vezes um módulo de elasticidade).

Por meio da Tabela I, podemos calcular os fatores de forma para barras rectas, de secção variável segundo uma lei qualquer. Admite-se variação linear dos inversos de J (momento de inércia da secção transversal entre as secções espaçadas de 0,1 l (l é o comprimento da barra).

Sendo a barra de forma simétrica: $G = G'$.

Os índices de rigidez podem ser agora obtidos:

a) *Índices de rigidez e esforços induzidos à flexão em barra com extremidade oposta engastada* (fig. 5 a):

Em uma barra bi-rotulada, $M_A = 1$ provoca um ângulo α_A em A e β em B (fig. 6 a).

Para transformar essa barra em rotulada em A e engastada perfeitamente em B devemos aplicar, nesta extremidade, um momento que provoque um ângulo igual e contrário a β, pois no engastamento a rotação deve ser nula. Essas operações estão indicadas na figura 7.

Fig. 7

Se o momento $M_A = 1$ provoca um ângulo igual a

$$\alpha_A = \frac{\beta^2}{\alpha_B} \text{ ou } \frac{\alpha_A \alpha_B - \beta^2}{\alpha_B},$$

o momento que provoca um ângulo igual a 1 deverá ser:

$$K_A = \frac{\alpha_B}{\alpha_A a_B - \beta^2}$$

e o momento em B passará a ser:

$$K' = \frac{\beta}{\alpha_A \alpha_B - \beta^2}$$

Usando os fatores de forma, temos o índice de rigidez à flexão K, o momento induzido K' e as forças cortantes K'_Δ da barra da fig. 5 a:

$$K_A = \frac{G}{G' G - F^2} E_C J_C \tag{2}$$

$$K' = \frac{F}{G} K_A = \frac{F}{G'} K_B \tag{3}$$

Onde:

$\frac{F}{G} = C_{AB}$ e $\frac{F}{G'} = C_{BA}$ são as coeficientes de transposição de Cross.

$$K_B = \frac{G'}{G' G - F^2} E_C J_C \tag{4}$$

$$K'_{\Delta A} = \pm \frac{1}{l} (K_A + K') \tag{5}$$

$$K'_{\Delta B} = \pm \frac{1}{l} (K_B + K') \tag{6}$$

Para momento de inércia J constante, temos:

$$K_A = K_B = \frac{4 E J}{l} \tag{7}$$

$$K' = 0{,}5\ K \tag{8}$$

b) *Índices de rigidez e esforços induzidos à flexão em barra com extremidade oposta rotulada* (fig. 5 b). Do mesmo modo obtemos:

$$K_A = \frac{E_C J_C}{G'} \tag{9}$$

$$K_B = \frac{E_C J_C}{G} \tag{10}$$

$$K' = 0 \tag{11}$$

$$K'_{\Delta A} = \pm \frac{1}{l} K_A \tag{12}$$

$$K'_{\Delta B} = \pm \frac{1}{l} K_B \tag{13}$$

Para momento de inércia constante, temos:

$$K_A = K_B = \frac{3 E J}{l} \tag{14}$$

c) *Para barras de momento de inércia constante e de secção transversal rectangular*: calculado o índice de rigidez à flexão K_{XY} em um plano, teremos para o plano normal:

$$\boxed{K_{XZ} = \alpha \, . \, K_{XY}} \qquad (15)$$

Valores de α são dados na Tabela II.

d) *Índice de rigidez e momento induzido à torção* (fig. 5 c).

Se o momento de torção M_T provoca um ângulo Θ (fig. 6 c), o momento K_T que provoca um ângulo igual a 1 deverá ser:

$$K_T = \frac{1}{\Theta}$$

Usando os fatores de forma, teremos o índice de rigidez à torção K_T e o momento induzido da barra da fig. 5 c:

$$\boxed{K_T = \frac{E_C \, J_C}{T}} \qquad (16)$$

$$\boxed{K'_T = - K_T} \qquad (17)$$

O módulo de elasticidade transversal G, pode ser obtido em função do de elasticidade longitudinal E:

$$\boxed{G = \frac{E}{2\,(1 + m)}} \qquad (18)$$

onde m é o inverso do coeficiente de Poisson.

Para o aço teremos:

$$G = \frac{E}{2{,}6}$$

e para o concreto:

$$G = \frac{E}{2} \quad \text{até} \quad \frac{E}{2{,}33}$$

O momento de inércia à torção J_T é para secção rectangular, segundo Bach:

$$J_T = \frac{1}{3\lambda}\left(\lambda - 0{,}63 + \frac{0{,}052}{\lambda^4}\right) b^3 d,$$

onde

$$\lambda = \frac{d}{b} = \frac{\text{lado maior}}{\text{lado menor}};$$

$$\boxed{J_T = \Psi \, . \, b^3 d} \qquad (19)$$

Valores de ψ são encontrados na Tabela II.

Para barras de secção constante, temos:

$$\boxed{K_T = \frac{G \, . \, J_t}{l}} \qquad (20)$$

No caso de barras de secção constante de forma rectangular, podemos fazer:

$$\boxed{K_T = \alpha_T \, . \, K} \qquad (21)$$

Valores de α_T são dados na Tabela II, para o concreto armado.

e) *Índice de rigidez e momentos induzidos à translação em barras com extremidade oposta engastada* (fig. 5 d):

$$\boxed{K_\Delta = \pm \frac{1}{l}\,(K'_{\Delta A} + K'_{\Delta B})} \qquad (22)$$

onde $K'_{\Delta A}$ e $K'_{\Delta B}$ são os dados pelas expressões (5) e (6).

f) *Índice de rigidez e momento induzido à translação em barra com extremidade oposta rotulada* (fig. 5 e):

$$\boxed{K_\Delta = \pm \frac{1}{l} K'_\Delta} \qquad (23)$$

onde K'_Δ é dado pelas expressões (12) ou (13).

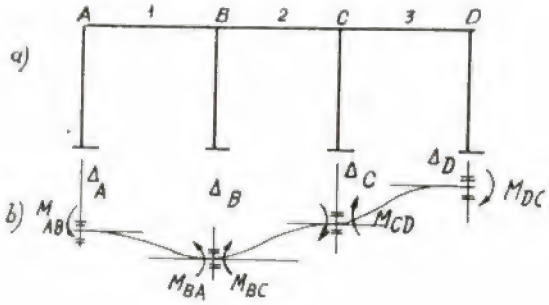


Fig. 8

g) *Para barras de J variável segundo leis conhecidas* (linear, parabólica, etc.): é conveniente o uso de tabelas ou ábacos existentes.

8 — MOMENTOS DE ENGASTAMENTO DOS TRAMOS DEFORMADOS (Termos de carga δ_{io}) :

Como, no método dos deslocamentos ou no processo derivado de *propagação dos deslocamentos*, consideramos, inicialmente, as barras perfeitamente engastadas, aparecerão, nos tramos deformados pelos recalques diferenciais entre os apoios, momentos de engastamento, que representam os termos de carga δ_{io} das equações (1).

Obteremos, a seguir, esses esforços.

A) *barras bi-engastadas*: provocando-se as translações verticais diferenciais, aparecem em A, B, C, D os momentos flectores (fig. 8a, b) :

$$M_{AB} = K'_{\Delta A}\ (\Delta_B - \Delta_A)\ ;$$
$$-M_{BC} = K'_{\Delta B_2}\,(\Delta_B - \Delta_C)\ ;$$
$$-M_{CD} = K'_{\Delta C_3}\,(\Delta_C - \Delta_D)\ ;$$
$$M_{BA} = K'_{\Delta B_1}\,(\Delta_B - \Delta_A)$$
$$-M_{CB} = K'_{\Delta C_2}\,(\Delta_B - \Delta_C)\ ;$$
$$-M_{DC} = K'_{\Delta D}\ (\Delta_C - \Delta_D)\ .$$

$$\boxed{M_A = M_{AB}} \quad \boxed{M_B = M_{BA} - M_{BC}} \qquad (24)$$

$$\boxed{M_C = -M_{CB} - M_{CD}} \quad \boxed{M_D = -M_{DC}}$$

B) *barra com extremidade rotulada*: nesse caso o momento flector na rótula é nulo e K'_Δ desse tramo deve ser calculado com as expressões (12) ou (13).

Importante: para o cálculo dos momentos (24) os K'_Δ devem ser tomados com os seus valores reais.

9 — DESLOCAMENTOS PRIMÁRIOS E COEFICIENTES DE PROPAGAÇÃO

Completando as definições dadas em 5, temos :

A) *Índice de rigidez do nó à rotação*: é o momento necessário para girar no nó um ângulo unitário. Se em um nó A da figura 9a concorrem quatro barras e, se para girar cada uma dessas barras de um ângulo unitário em A necessitamos de um momento K (índice de rigidez à flexão da barra), para girar no nó um ângulo igual a 1, necessitaremos de um momento igual a

$$\Sigma\ K_A$$

que é o seu índice de rigidez à rotação :

$$\boxed{\delta_{AA} = \Sigma K_A} \qquad (25)$$

e que é sempre positivo (fig. 9b).

B) *Índice de rigidez do painel à translação*: é a força necessária para transladar o painel de um comprimento unitário (sem rotação). Se em um painel existem *r* barras a transladar de um valor unitário e, se para cada barra necessitamos de uma força K_Δ (índice de rigidez à translação da barra), necessitaremos para o painel, uma força igual a $\sum_r K$, que é o seu índice de rigidez à translação :

$$\boxed{\delta_{\Delta\Delta} = \sum_r K} \qquad (26)$$

e que é sempre positivo (fig. 9c).

C) *Coeficientes de propagação*: são os números que multiplicados por um deslocamento verificado em um ponto, fornecem o deslocamento consequente em outro da estrutura. Podemos ter os seguintes casos :

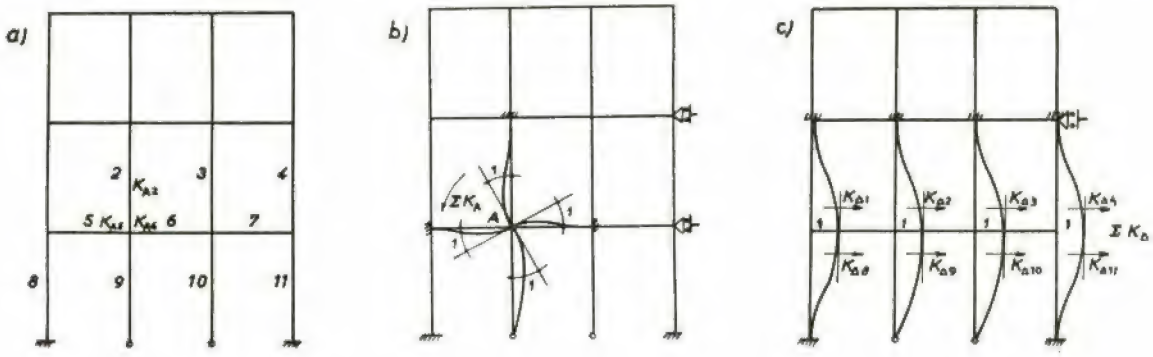


Fig. 9

a) *Devidos à rotação*: se no pórtico da figura 10a dermos uma rotação φ_A no nó A, estando os demais nós impedidos à rotação e à translação, aparece induzido em B um momento $K'.\varphi_A$ e em A da barra AC a força cortante $K'_\Delta\varphi_A$. Esses esforços são reagentes, respectivamente, do engastamento em B e do pêndulo em A.

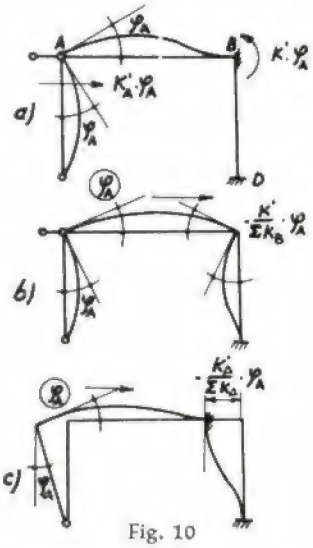


Fig. 10

Retirando o engastamento de B esse nó gira (em sentido contrário ao do momento $K'.\varphi_A$ que o mantinha impedido) de um valor:

$$-\frac{K'}{\Sigma K_B}\varphi_A \qquad \text{(fig. 10b)},$$

visto que, para girar esse nó de um valor unitário é necessário um momento ΣK_B, que é o seu índice de rigidez à rotação.

Os coeficientes de propagação, no caso, são (sempre negativos):

$$\boxed{T_{AB} = -\frac{K'}{\Sigma K_B} \quad T_{BA} = -\frac{K'}{\Sigma K_A}} \qquad (27)$$

Retirando o pêndulo de A o pórtico se translada (em sentido contrário ao da força $K'_\Delta . \varphi_A$ que o mantinha impedido) de um valor:

$$-\frac{K'_\Delta}{\Sigma K_\Delta} \cdot \varphi_A \qquad \text{(fig. 10c)},$$

visto que, para transladar o andar de um valor unitário é necessária uma força ΣK_Δ, que é o seu índice de rigidez à translação.

Os coeficientes de propagação, no caso, são (seus sinais dependem do sinal de K'_Δ):

$$\boxed{T_{A\Delta} = -\frac{K'_{\Delta A}}{\Sigma K_\Delta} \quad T_{B\Delta} = -\frac{K'_{\Delta B}}{\Sigma K_\Delta}} \qquad (28)$$

b) *Devidos à translação*: se ao pórtico da figura 11a dermos uma translação Δ, estando todos os nós impedidos à rotação, aparecem induzidos em A e B os momentos $K'_\Delta . \Delta$, que são as reações dos seus engastamentos.

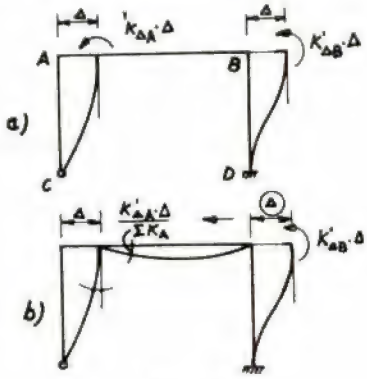


Fig. 11

Retirando o engastamento de A, esse nó gira de um valor

$$-\frac{K'_{\Delta A}}{\Sigma K_A}\Delta \qquad \text{(Fig. 16b)}$$

Os coeficientes de propagação, no caso, são (seus sinais dependem do sinal de K'_Δ):

$$\boxed{T_{\Delta A} = -\frac{K'_{\Delta A}}{\Sigma K_A} \quad T_{\Delta B} = -\frac{K'_{\Delta B}}{\Sigma K_B}} \qquad (29)$$

Pode haver, ainda, coeficiente de propagação de translação para translação de um piso para outro.

c) *Devidos à torção*: se no pórtico do espaço tridimensional da figura 12a dermos uma rotação

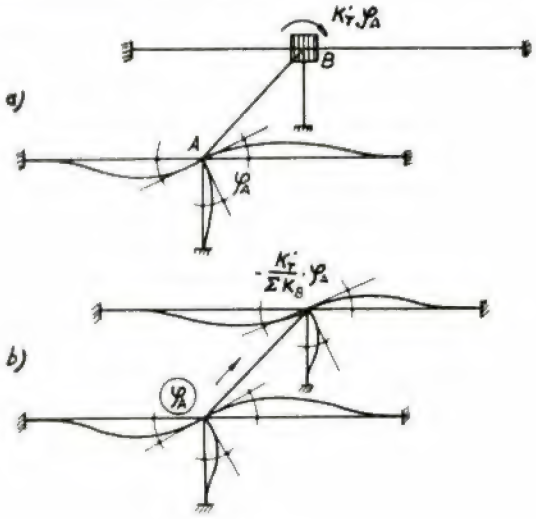


Fig 12

φ_A no nó A (no plano YX), estando os demais nós impedidos à rotação nesse plano, aparece induzido em B o momento de torção $K'_T . \varphi_A$, que é de reacção do engastamento em B (plano YX).

Retirando o engastamento de B esse nó gira (em sentido contrário ao do momento que o mantinha impedido) de um valor:

$$-\frac{K'_T}{\Sigma K_B} \cdot \varphi_A \qquad \text{(Fig. 12b)}$$

sendo que em ΣK (no plano XY) da expressão 25 deve ser incluido o índice de rigidez à torção K_T da barra AB.

Os coeficientes de propagação, no caso, serão (sempre positivos):

$$\boxed{T_{AB} = -\frac{K'_T}{\Sigma K_B} \quad T_{BA} = -\frac{K'_T}{\Sigma K_A}} \qquad (30)$$

d) *Deslocamentos primários*: rotação ou translação primária é a rotação de um nó ou a translação de um painel devido à carga, quando o nó ou o painel são libertados, estando os demais nós e painéis totalmente bloqueados contra qualquer deslocamento inicial.

sões (24)]. Libertando, sòmente, o nó A, o nó B ou o nó C, teremos aí as rotações primárias (Fig. 13 b, c, d):

$$\boxed{\begin{array}{l} \varphi_{oA} = -\dfrac{M_A}{\Sigma K_A} \\ \varphi_{oB} = -\dfrac{M_B}{\Sigma K_B} \\ \varphi_{oC} = -\dfrac{M_C}{\Sigma K_C} \end{array}} \qquad (31)$$

10 — MARCHA DAS OPERAÇÕES NO PROCESSO DA PROPAGAÇÃO DOS DESLOCAMENTOS

Vamos acompanhar as diferentes operações no pórtico plano da figura 14, numerando-as com algarismos entre colchetes [ ].

Operação [1] — calculamos os índices de rigidez à flexão K (sempre positivos) das barras, segundo as expressões (2), (4), (7) ou (9), (10) e (14) e escrevemo-los nas suas extremidades junto aos nós (Fig. 14 a);

Se existirem barras ortogonais ao plano e que trabalhem à torção, os seus índices de rigidez à

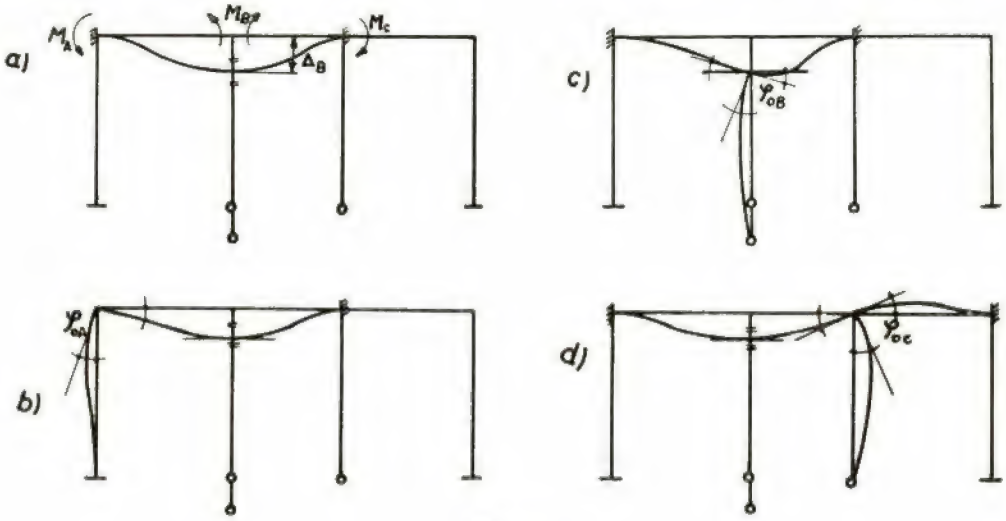


Fig. 13

No caso de recalques diferenciais, a carga é constituida dos esforços (momentos) estudados em 8 e calculados de acordo com as expressões (24).

Se, no pórtico da figura 13 a, tivermos um recalque Δ_B, necessitaremos dos momentos M_A, M_B e M_C para fixar os nós A, B e C [expres-

torção K_T (sempre positivos), calculados segundo (16), (20) ou (21), constarão dessa operação;

[2] — calculamos pelas expressões (3), (8) e (17), os momentos induzidos K' (sempre positivos) e K'_T (sempre negativos), escrevendo-os no meio de cada barra, por serem sempre iguais

para ambas as extremidades (Fig. 14 a). Nas barras com extremidade rotulada $K' = 0$, podemos usar valores proporcionais a K, K', K_T e K'_T;

quentes nas extremidades, que são os próprios K'_Δ (Fig. 14 b);

[4] — ainda para as barras, cujas extremidades sofrem translação, calculamos os índices de

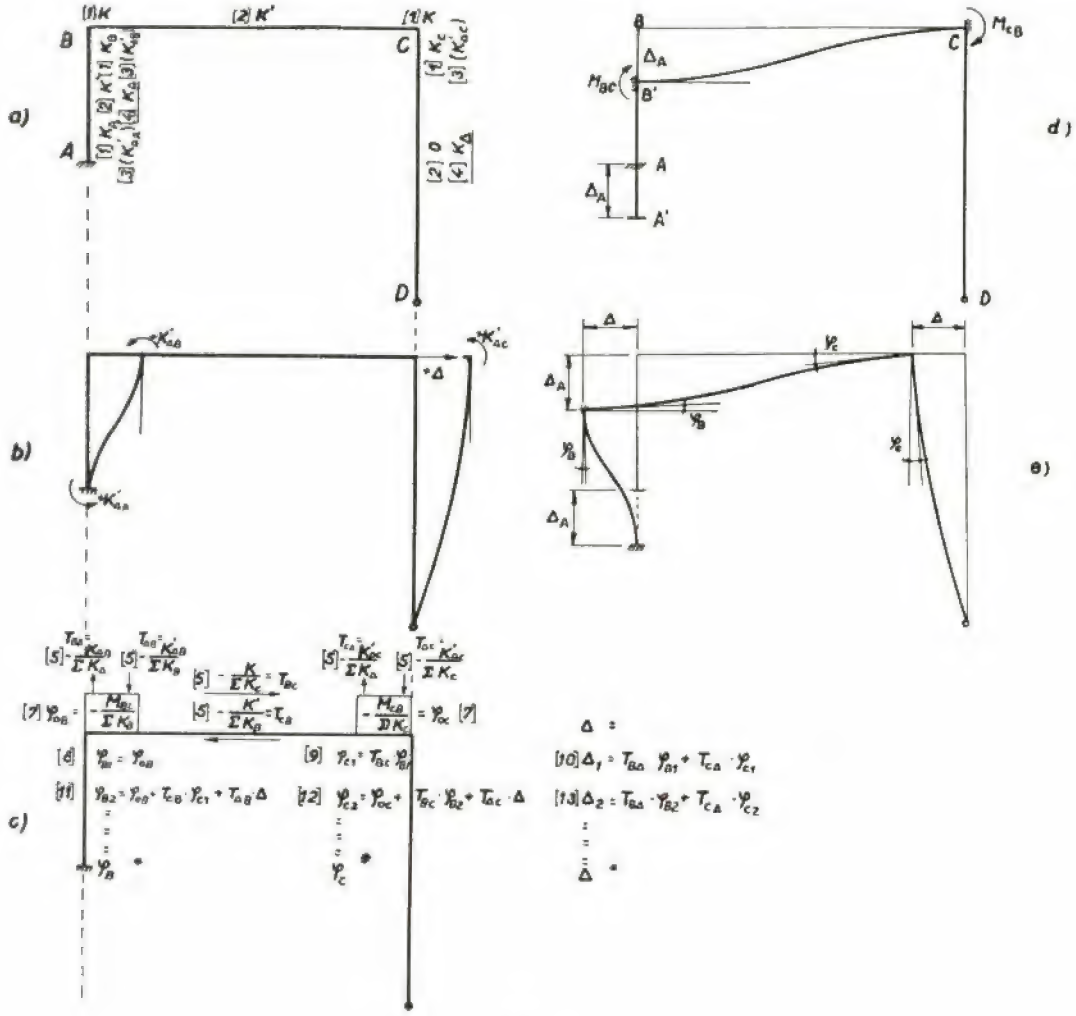


Fig. 14

[3] — para as barras cujas extremidades sofrem translação, calculamos os momentos induzidos K'_Δ escrevendo-os abaixo dos K da operação [1], entre parêntesis, para evitar confusão (Fig. 14 a). Cada K'_Δ é obtido, simplesmente, somando-se o K respectivo com o K' da barra, e dividindo o resultado por l:

$$K'_{\Delta A} = \frac{K_A + K'}{l} \; ; \; K'_{\Delta B} = \frac{K_B + K'}{l}$$

Para sabermos quais os sinais dos K'_Δ, imaginamos uma translação $+\Delta$ (item 6) do painel e observamos os sentidos dos momentos conse-

translação K_Δ, escrevendo-os no meio de cada barra (são iguais para ambas extremidades), abaixo dos K' da operação [2], sublinhados com um traço para destacá-los (Fig. 14 a). Cada K_Δ (sempre positivo) é obtido, simplesmente, somando-se os K'_Δ (valores absolutos) da barra, e dividindo o resultado por l (barra AB):

$$K'_\Delta = \frac{K'_{\Delta A} + K'_{\Delta B}}{l} \; ;$$

[5] de acordo com as expressões (27), (28), (29) e (30) do item 9, calculamos os coeficientes de propagação.

Partem de cada nó: um coeficiente de propagação de rotação por flexão para cada nó contíguo, um de propagação de rotação por torção (se for o caso) para cada nó vizinho e um de propagação de translação do painel em cada plano. Dirigem-se para cada nó coeficientes de propagação de rotação por flexão e por torção de cada nó contíguo e um de propagação de rotação devido à translação do painel, em cada plano. Os coeficientes são indicados por meio de flechas adequadamente dispostos para evitar confusão (Fig. 14 c);

Terminada essa operação, possuímos todos os elementos que dependem das características físicas das barras e que servem para executar a propagação dos deslocamentos para qualquer caso de carregamento da estrutura, para o traçado de qualquer linha de influência, para o cálculo dos *coeficientes de transferência de carga* ou para o cálculo do efeito de recalques diferenciais.

[6] — desejando-se calcular os momentos flectores produzidos por um apoio recalcado, inicialmente, calculamos os esforços dos respectivos tramos deformados de acordo com a expressão (24) do item 8.

Se, por exemplo, recalcar o apoio A de um valor Δ_A (Fig. 14 d), teremos os momentos de engastamento perfeito:

$$M_{BC} = -K'_{\Delta B}\,\Delta_A \quad \text{e} \quad M_{CB} = -K'_{\Delta C}\,.\,\Delta_A$$

Aqui, devemos calcular os valores reais $K'_{\Delta B}$ e $K'_{\Delta C}$.

[7] — calculamos os deslocamentos primários devidos aos esforços obtidos na operação [6], de acordo com as expressões (31) do item 9. Um momento M em um nó provoca aí uma rotação primária φ_o. No nosso caso (Fig. 14 c), temos:

$$\varphi_{oB} = -\frac{M_{BC}}{\Sigma K_B} \quad \text{e} \quad \varphi_{oC} = -\frac{M_{CB}}{\Sigma K_C}$$

Os valores dos deslocamentos primários são escritos dentro de rectângulos, junto aos nós;

[8] — iniciamos o 1.º ciclo da propagação dos deslocamentos (Fig. 14 c): o 1.º valor da rotação em B é:

$$\varphi_{B1} = \varphi_{oB}$$

isto é, a sua rotação primária que está no rectângulo (5);

[9] — o 1.º valor da rotação em C é:

$$\varphi_{C1} = \varphi_{oC} + T_{BC}\,.\,\varphi_{B1}$$

isto é, o valor que está no rectângulo (rotação primária), mais o valor da φ_B, que é φ_{B1}, multiplicado pelo coeficiente de propagação T_{BC};

[10] — o 1.º valor da translação na direcção BC é:

$$\Delta_1 = T_{B\Delta}\,.\,\varphi_{B1} + T_{C\Delta}\,.\,\varphi_{C1}$$

isto é, as rotações em B e C multiplicadas pelos respectivos coeficientes de propagação para a translação. Terminamos, assim, o 1.º ciclo;

[11] — iniciamos o 2.º ciclo: o 2.º valor da rotação em B é:

$$\varphi_{B2} = \varphi_{oB} + T_{CB}\,.\,\varphi_{C1} + T_{\Delta B}\,.\,\Delta_1$$

isto é, o valor que está no rectângulo (rotação primária) mais a rotação em C e a translação da direcção BC, multiplicados pelos respectivos coeficientes de propagação;

[12] e [13] — completamos o ciclo, achando os segundos valores de φ_C e Δ, cada vez mais aproximados. Executamos novos ciclos até que em dois ciclos sucessivos os valores dos deslocamentos sejam iguais ou tenham diferença igual ou inferior ao limite desejado.

Na figura 14 e vemos os deslocamentos (rotações e translação) desenhados de acordo com os sinais que resultaram da propagação. No caso supomos que $\varphi_B = +$ (sinistrorsso); $\varphi_C = +$ (sinistrorsso) e $\Delta = -$ (para a esquerda).

Várias são as vantagens que o processo da propagação dos deslocamentos apresenta:

Todos os elementos do cálculo: índices de rigidez, deslocamentos primários, coeficientes de propagação e esforços dos tramos deformados, são obtidos dos índices de rigidez K das barras.

---

(5) Poderíamos utilizar já a rotação primária de C e o 1.º valor de φ_B seria:

$$\varphi_{B1} = \varphi_{CB} + T_{CB}\,.\,\varphi_{oC}$$

De um modo geral não é obrigatório seguir uma determinada ordem na execução dos ciclos. A maneira mais acertada é a de saltar os nós num sequência tal, que nos leve o mais rápido possível ao resultado final. Isto equivale a executar a denominada iteração dirigida.

Não o fazemos aqui para não obscurecer a exposição.

A visualização do fenómeno físico é perfeita. Cada operação e cada valor encontrado nas diferentes fases do cálculo traduzem, qualitativa e quantitativamente, o que se passa na estrutura real.

A convergência para o resultado final é rápida. Para os casos comuns, dois a três ciclos são mais que suficientes. Não havendo translação, as rotações primárias já fornecem, geralmente, boa aproximação.

O controle dos resultados é automático. Sendo os valores convergentes, mesmo que se cometa erro em um ciclo qualquer da propagação, chega-se a resultado final certo.

Não há necessidade de resolver equações a parte para calcular as translações dos nós. No processo da propagação dos deslocamentos elas são obtidas, directamente, ao mesmo tempo que calculamos as rotações.

11 — TRAÇADO DO DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES

Conhecidos os deslocamentos dos nós, fácil é obter os momentos flectores nas extremidades das barras e traçar o diagrama final.

Vamos indicar as operações em sequência às do item 10, que podem ser acompanhadas na figura 15a :

Operação [14] — escrevemos os momentos de engastamento perfeito (com seus sinais), calculados na operação [6], junto às extremidades das barras a que pertencem ;

[15] — multiplicamos cada rotação φ (com seu sinal) :

1.º) pelos K do respectivo nó, escrevendo os resultados nas extremidades correspondentes das barras ;

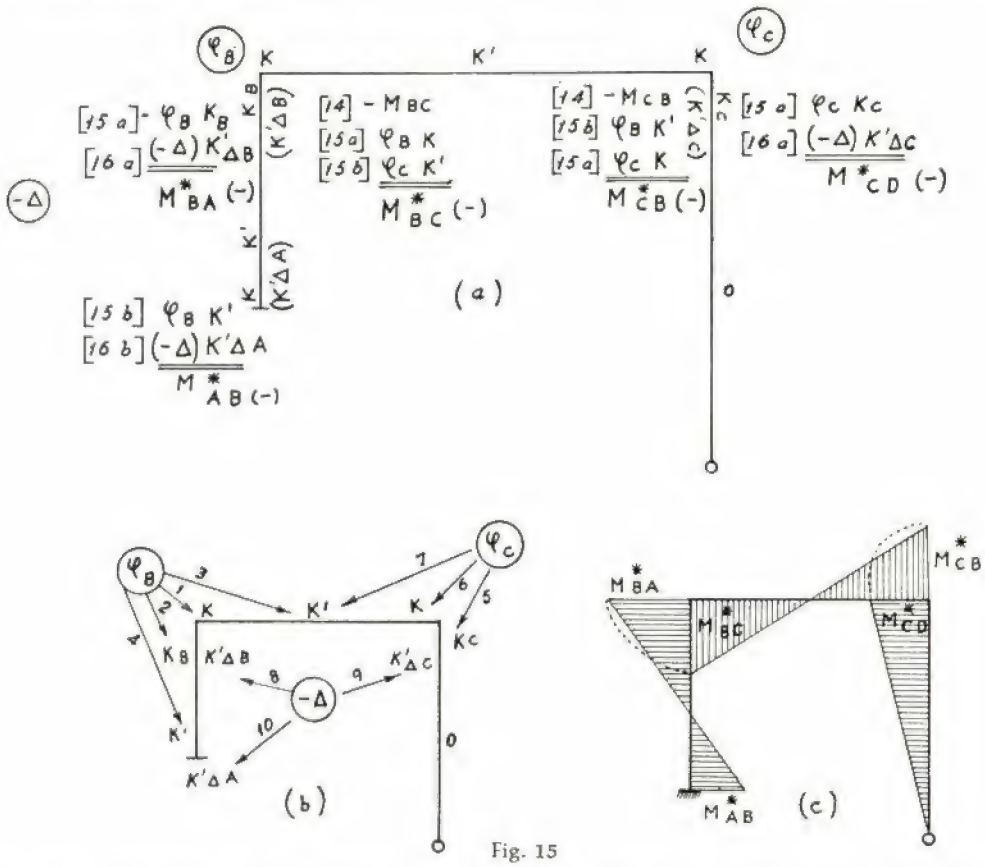


Fig. 15

2.º) pelos K' das barras que convergem ao mesmo nó, escrevendo os resultados nas extremidades opostas ;

[16] — multiplicamos cada translação Δ (com seu sinal) :

1.º) pelos K'Δ das barras ligadas ao piso que sofre esta translação, escrevendo os resultados respectivos nessas extremidades ;

2.º) pelos K'Δ das extremidades opostas das mesmas barras, escrevendo aí os resultados.

A figura 15b esclarece a marcha das operações [15] e [16].

Os momentos finais M* são obtivos por soma (fig. 15a).

Conhecidos os sinais dos momentos flectores nas extremidades das barras sabemos, pela convenção do item 6, em que sentidos eles giram essas extremidades.

Convencionando que o diagrama de momentos flectores deve estar desenhado do lado das fibras traccionadas, basta marcar, em escala, os valores dos momentos das extremidades dos lados convexos das rotações. Esses valores, em cada barra, são ligados por linhas rectas (6).

Supondo que todos os momentos da figura 15a têm sinal negativo, o respectivo diagrama será o da figura 15c.

(6) Para a convenção mencionada no rodapé (4) procede-se de maneira muito simples, resultando, automàticamente, os sinais das áreas.

(7) As linhas de influência dessas estruturas acham-se no trabalho referido no rodapé (2).

12 — EXEMPLOS (7)

12.1 — *Viga contínua* — Traçar os diagramas de momentos flectores da viga contínua, de secção transversal constante, indicada na figura 16a, devidos aos recalques diferenciais indicados na mesma figura. $E = 10^6$ t/m².

1) Índices de rigidez à flexão das barras: podendo utilizar valores proporcionais para o cálculo dos deslocamentos, dividiremos todos os KK por 4E e consideraremos $J = \text{const} = 100$ [expr. (7) e (14)] (fig. 16 a):

$$K_{BA} = \frac{3}{4}\frac{J}{l_1} = \frac{3}{4}\frac{100}{6,5} = 11,5$$

$$K_{BC} = K_{CB} = \frac{J}{l_2} = \frac{100}{5,0} = 20$$

$$K_{CD} = \frac{3}{4}\frac{J}{l_3} = \frac{3}{4}\frac{100}{4,0} = 18,7$$

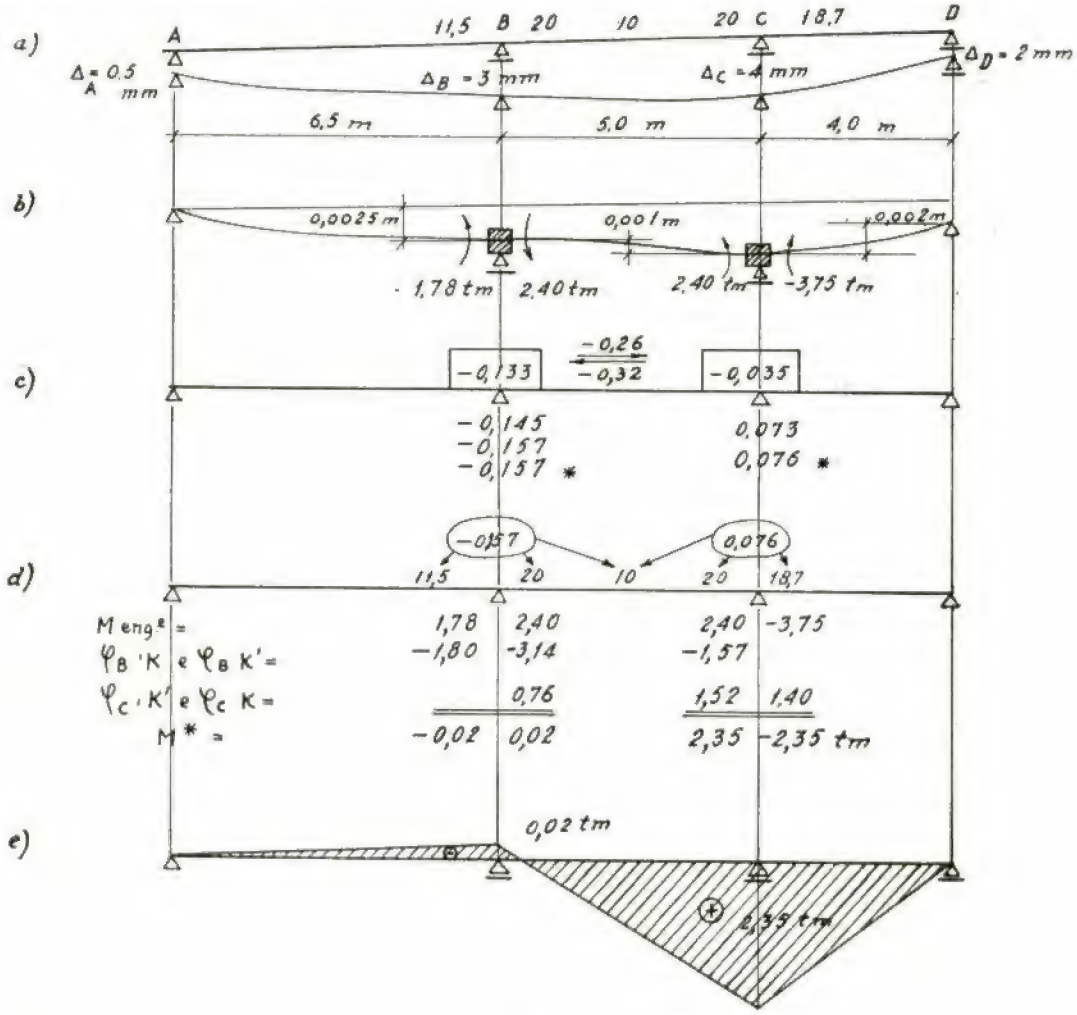


Fig. 16

2) Momentos induzidos (fig. 16 a):

$$K'_{BC} = 0{,}5\ K_{BC} = 10 \qquad [\text{expr. } (8)]$$

3) Coeficientes de propagação [expr. (27)] (fig. 16 c):

$$T_{BC} = -\frac{K'_{BC}}{\Sigma K_C} = -\frac{10}{38{,}7} = -0{,}26$$

$$T_{CB} = -\frac{K'_{BC}}{\Sigma K_B} = -\frac{10}{31{,}5} = -0{,}32$$

4) Momentos de engastamento [expr. (24)] (fig. 16 b):

$$M_{BA} = K'_{\Delta B_1}(\Delta_B - \Delta_A) = \frac{3\,EJ}{l_1}\frac{1}{l_1}(\Delta_B - \Delta_A) =$$

$$= \frac{3 \times 10^6 \times 10^{-2} \times 2{,}5 \times 10^{-3}}{4{,}225 \times 10} = 1{,}78 \text{ tm}$$

$$M_{BC} = M_{CB} = K'_{\Delta_2}(\Delta_C - \Delta_B) =$$

$$= \left(\frac{4\,EJ}{l_2} + \frac{2\,EJ}{l_2}\right)\frac{1}{l_2}\,0{,}001 = \frac{6\,EJ}{l^2}\,0{,}001 = 2{,}40 \text{ tm}$$

$$M_{CD} = -\frac{3\,EJ}{l^2}(\Delta_C - \Delta_D) = -$$

$$-\frac{3 \times 10^6 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-3}}{1{,}6 \times 10} = -3{,}75 \text{ tm}$$

5) Rotações primárias [expr. (31)] (fig. 16 c):

$$\varphi_{oB} = -\frac{4'18}{31{,}5} = -0{,}133\ ;\ \varphi_{oC} = -\frac{-1{,}35}{38{,}7} = 0{,}035$$

6) Na figura 16c foi executada a propagação dos deslocamentos com ciclos na ordem B,C,B..., encontrando-se $\varphi_B = -0{,}157$ e $\varphi_C = 0{,}076$.

7) Na figura 16d estão calculados os momentos das extremidades e na 16e está traçado o diagrama final. Para todas as operações, bastariam as figuras 16a e 16c.

Para tirar conclusões, tracemos o diagrama de momentos flectores, da mesma viga, para uma carga uniformemente distribuida de 2 t/m (em todos os tramos (fig. 17 a).

Este diagrama acha-se na figura 17 b, sem a consideração dos recalques diferenciais.

Na figura 17 c temos o diagrama dos momentos flectores para a acção conjunta da carga da figura 17 a e dos recalques diferenciais da figura 16 a (somatória dos diagramas das figuras 16 e e 17 b).

Vemos que, para uma carga comum e recalques diferenciais relativamente pequenos, a consideração do efeito destes altera, consideràvelmente, o diagrama de momentos flectores.

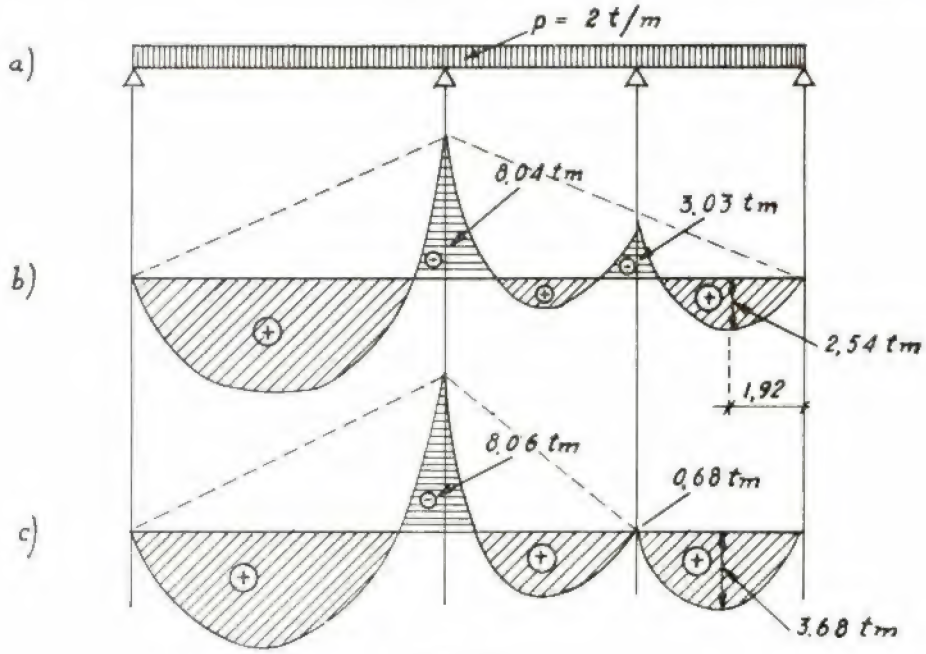


Fig. 17

12.2 — *Pórtico do espaço tridimensional* — Traçar os diagramas de momentos flectores, no pórtico da figura 18 a devidos ao deslocamento de 1 cm do apoio E (todas as extremidades são perfeitamente engastadas).

1) Na tabela dos índices de rigidez, temos: K_{XY} — valores proporcionais aos índices de rigidez à flexão das barras no XY; K_{XZ} — índices

de rigidez à flexão das barras no plano XZ, obtidos de acordo com a expr. (15) e Tabela II ; K_T — índices de rigidez à flexão das barras, obtidos segundo a expressão 21 e Tabela II, supondo tratar-se de concreto armado.

2) Na figura 18 b vemos nos planos XY, XZ YZ, os coeficientes K, K', K'$_\Delta$ e K$_\Delta$, obtidos de acordo com as operações [1] a [4] de 10.

3) Momentos de engastamento perfeito nos tramos deformados pelo recalque Δ_E (fig. 18 c) :

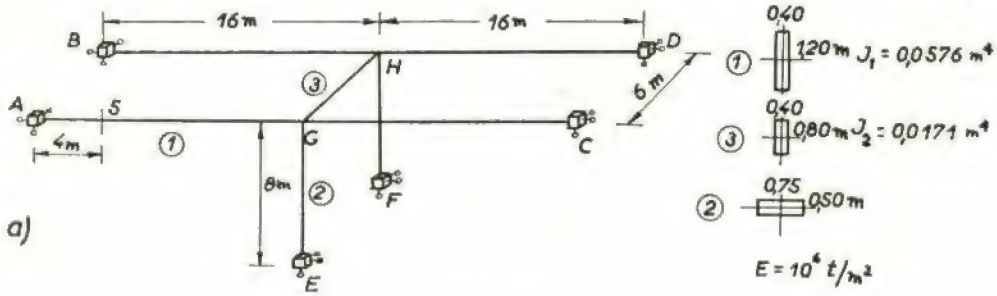


Fig. 18 a

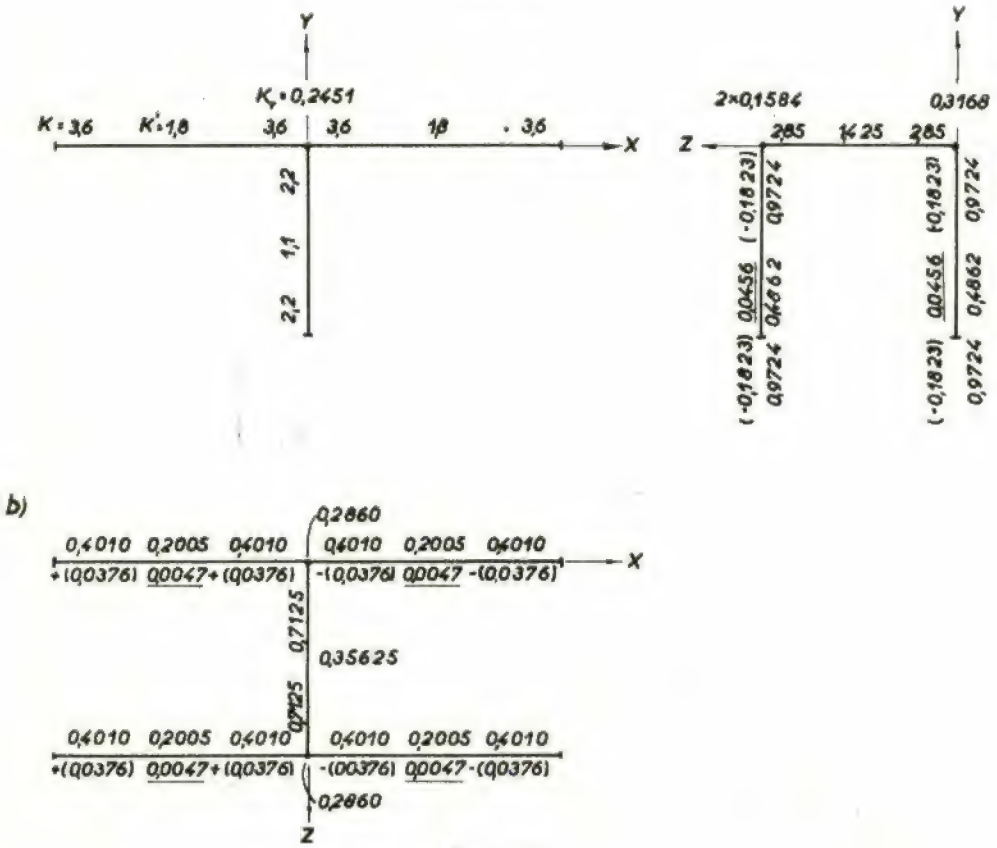


Fig. 18 b

ÍNDICES DE RIGIDEZ			
Barra	$K_{XY} = \frac{1.000\ J}{l}$	$K_{XZ} = \alpha \cdot K_{XY}$	$K_T = \alpha_T \cdot K_{XY}$
1	3,6000	0,4010	0,1584
2	2,2000	0,9724	0,2860
3	2,8500	0,7125	0,2451

no plano XY :

$$M_{AG} = M_{GA} = -M_{GC} = -M_{CG} =$$

$$= \frac{6\ E\ J_1}{l_1^2}\ \Delta_E = \frac{6 \times 10^6 \times 5{,}76 \times 10^{-2}}{2{,}56 \times 10^2} \cdot 10^{-2} =$$

$$= 13{,}5 \text{ tm}$$

no plano YZ :

$$M_{GH} = M_{HG} = -\frac{6\ E\ J_3}{l_3^2}\ \Delta_E = -$$

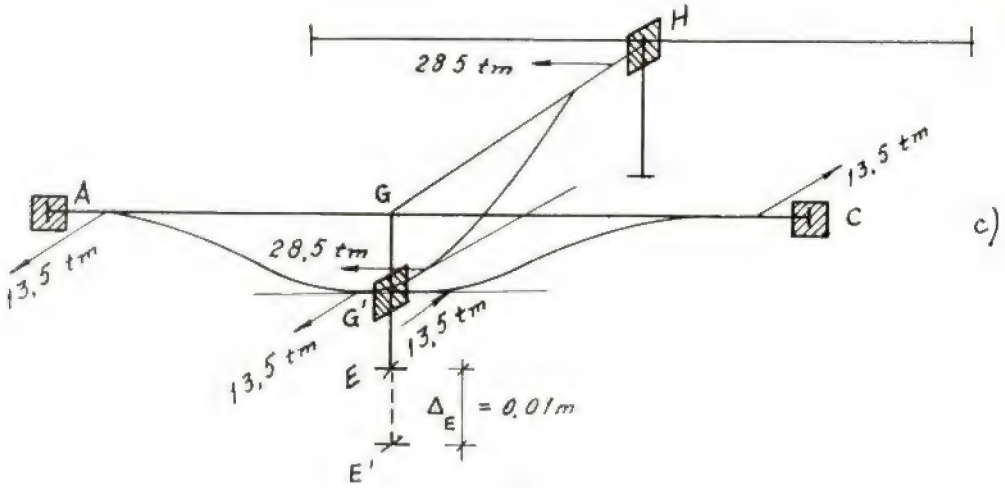


Fig. 18 c

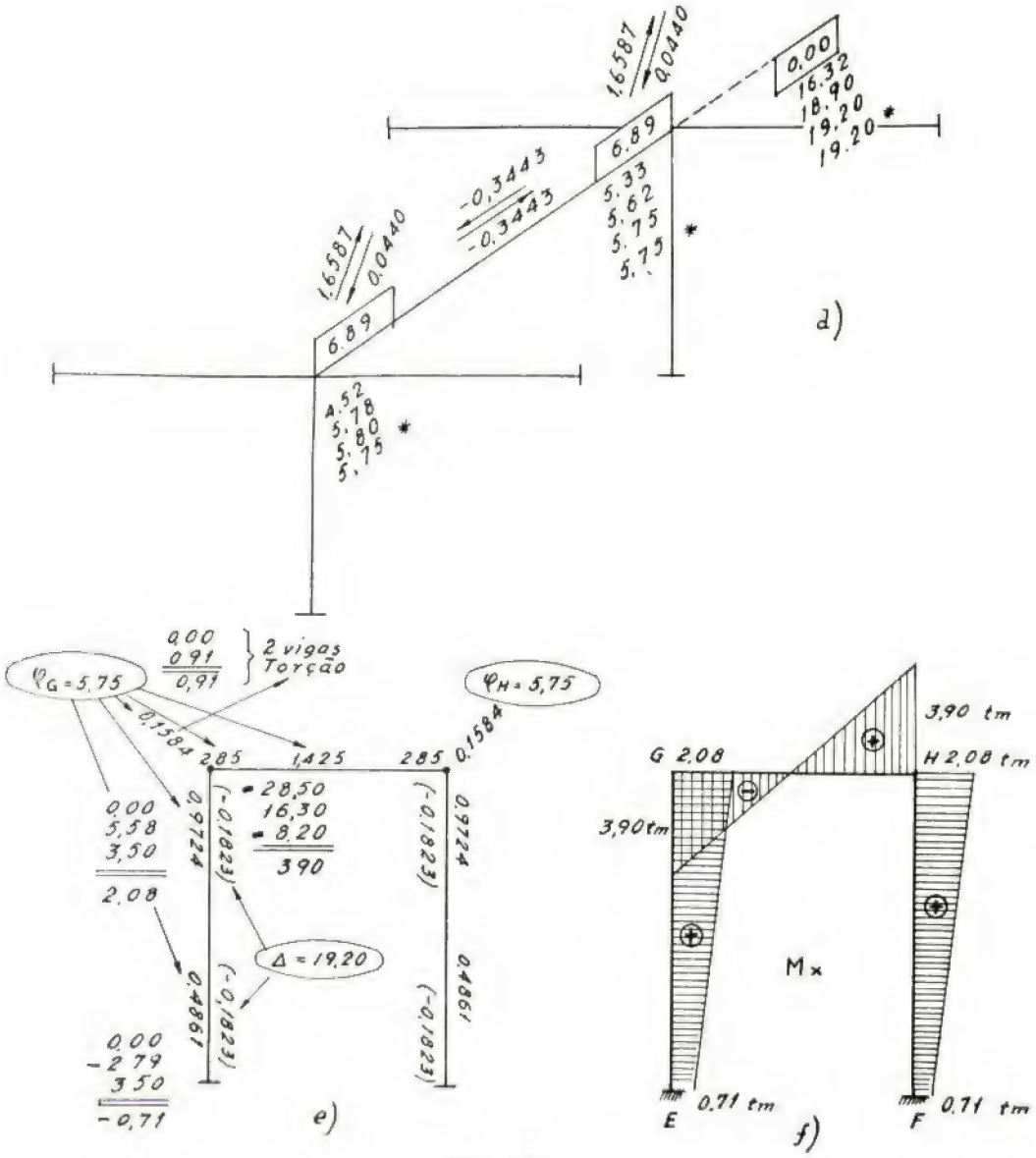


Fig. 18 d, e, f

TEODOLITOS

CONSTRUÇÃO DR. H. WILD

DK 2
DKM 2
DKM 2-U
DKM 2-T

SÃO DE LONGE O QUE DE MELHOR SE FABRICA EM TODO O MUNDO!

Precisão inexcedível
Manejo facílimo
Construção robusta
A óptica mais luminosa

Aumento da luneta 30×, abertura da objectiva	45 mm
Focagem mínima a	1,4 m
Focagem máxima para leitura dos mm na mira	230 m
Idem para leitura dos cm	500 m
Constante de multiplicação 100, e de adição	0
Peso do equipamento com tripé extensível, sómente . . .	10,9 Kg

KERN & CIE. S. A. AARAU — Suíça

REPRESENTANTES

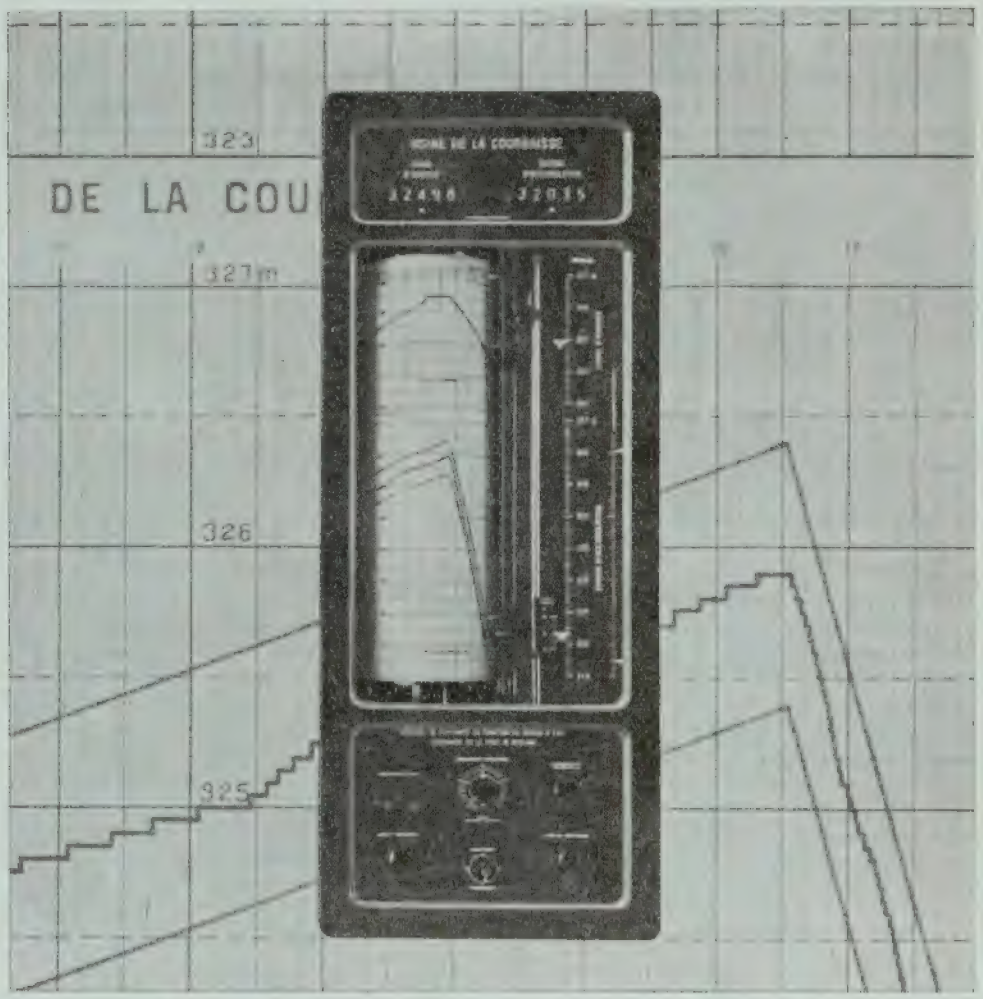
EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & CA. LDA.

RUA DE SANTO ANTÓNIO, 137-145 — PORTO — TEL. 20254/5
RUA ANTERO DE QUENTAL, 17-1.º — LISBOA — TEL. 53366

NOTA — Os teodolitos «KERN» não são aparelhos repetidores, mas sim teodolitos de círculo-duplo, oferecendo portanto maior precisão e um trabalho muito mais simples e mais rápido.

FR. RITTMEYER S. A.

Fabricantes de equipamento de controle para serviços de distribuição de água, barragens, etc.



Teleregistador de nivel combinado com teleregulação automática de potência da Central Hidroeléctrica de la Courbaisse (Alpes marítimos)

REPRESENTANTES:

FACTO, LDA.

R. DA MADALENA, 46-2.º — LISBOA

$$-\frac{6\times10^6\times1{,}71\times10^{-2}}{0{,}36\times10^2}\cdot10^{-2}=-28{,}5\ \text{tm}$$

4) Rotações primárias:

no plano XY:

$$\varphi_{OG(z)}=-\frac{13{,}5-13{,}5}{3{,}6+3{,}6+2{,}2+0{,}2451}=0$$

no plano YZ:

$$\varphi_{OG(x)}=-\frac{-28{,}5}{2{,}85+0{,}9724+2\times0{,}1584}=$$

$$=6{,}89=\varphi_{OH(x)}$$

$$-\frac{-0{,}1823}{2{,}85+0{,}9724+2\times0{,}1584}=0{,}0440$$

6) Propagação dos deslocamentos: na figura 18d, vemos a propagação executada, na ordem $\varphi_{G(x)}$, $\varphi_{H(x)}$, Δ_z, $\varphi_{G(x)}$ ...

7) Diagramas finais dos momentos flectores: na figura 18e vemos o cálculo dos momentos cujos vectores representativos coincidem com a direcção X. Os respectivos diagramas (momentos flectores no plano YZ e momentos de torção das vigas 1) acham-se nas figuras 18f e 18i.

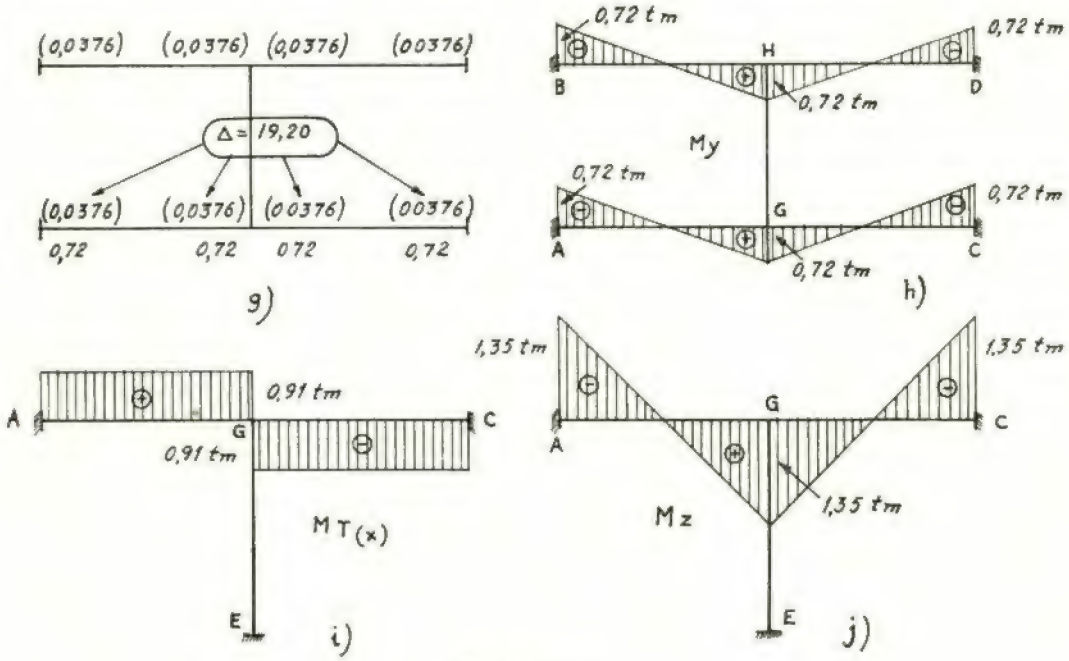


Fig. 18 g, h, i, j

5) Coeficientes de propagação: devido à simetria, não haverá rotações nos planos XY e XZ; interessarão, sòmente, os coeficientes seguintes:

$$T_{GH(x)}=T_{HG(x)}=-$$

$$-\frac{1{,}425}{2{,}85+0{,}9724+2\times0{,}1584}=-0{,}3443$$

$$T_{G\Delta(x)}=T_{H\Delta(x)}=-$$

$$-\frac{-0{,}1823}{2\times0{,}0456+4\times0{,}0047}=1{,}6587$$

$$T_{\Delta G(x)}=T_{\Delta H(x)}=-$$

Na figura 18 g vemos o cálculo dos momentos M_y, cujo diagrama acha-se na figura 18 h (momentos flectores no plano XZ). Na figura 18 vemos o diagrama dos momentos flectores no plano XY, obtidos directamente, da figura 18 c.

Para podermos tirar conclusões, indicamos na figura 19 os diagramas de momentos devidos a uma carga vertical, uuiformemente distribuída sobre as barras horizontais, com 2 t/m.

Na figura 20 mostramos os diagramas de momentos devidos à acção simultânea da carga e do recalque diferencial, isto é, o diagrama resultante da superposição dos diagramas das figuras 18 e 19.

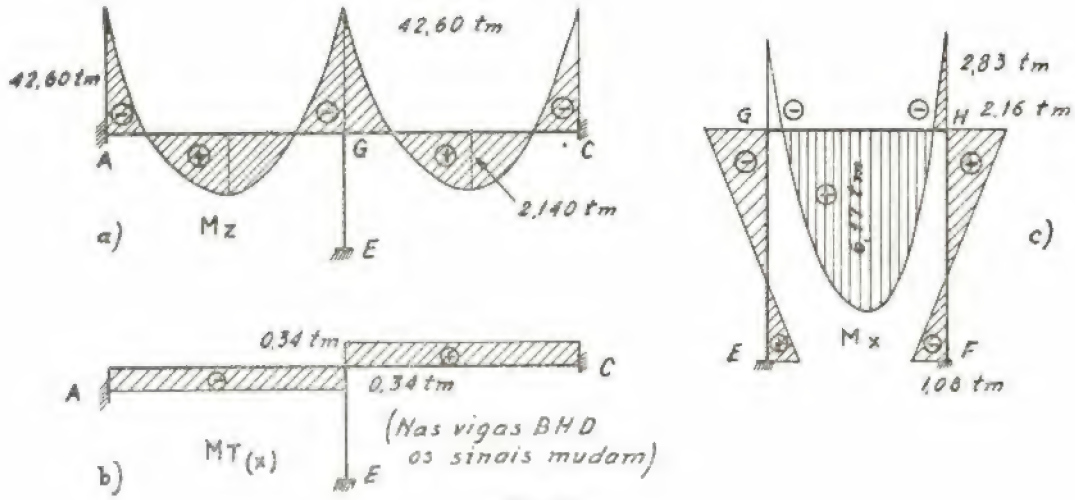


Fig. 19

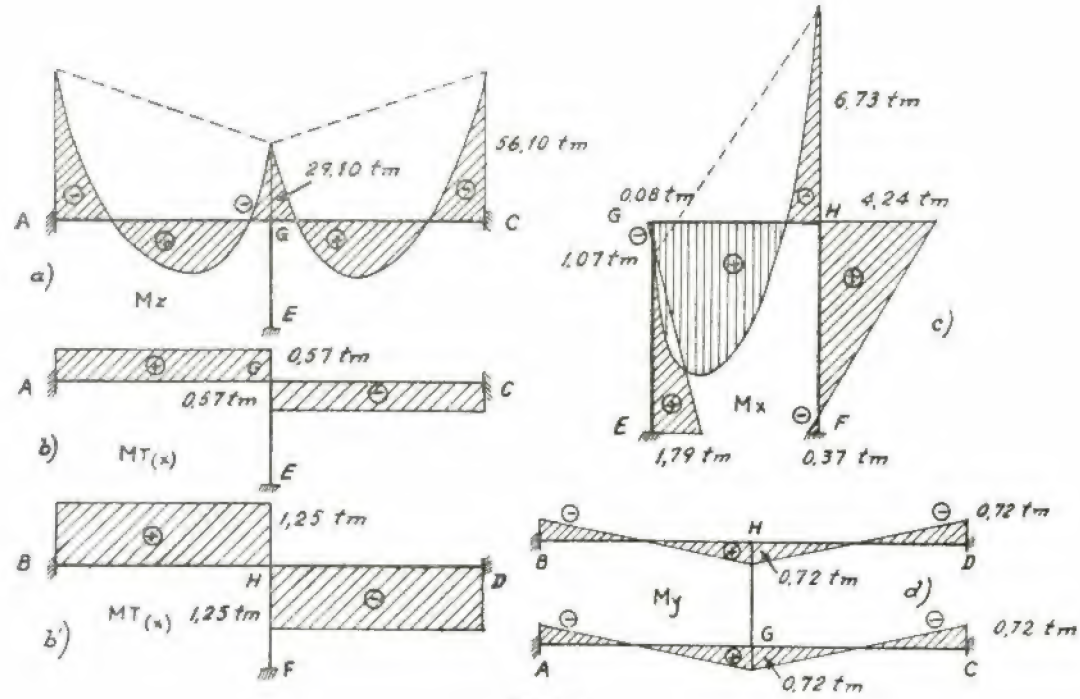


Fig. 20

Se calculássemos essa estrutura (fig. 18 a), sòmente para a carga, sem considerar o efeito do recalque diferencial, estaria ela em situação, talvez de insegurança, haja visto o seguinte:

a) em A, C, B e D (fig. 19 a e 20 a) estaria sujeita a um momento real $\frac{56,10}{42,60} = 1,32$ vezes maior que o previsto;

b) anàlogamente, em H (fig. 19 c e 20 c) onde os momentos seriam $\frac{4,24}{2,16} = 1,96$ e $\frac{6,73}{2,83} = 2,38$ vezes maiores;

c) nas barras horizontais BHD, o momento de torção seria $\frac{1,25}{0,34} = 3,68$ vezes o previsto (fig. 19 b e 20 b') e nas barras AGC esse momento teria invertido seu sentido (fig. 19 b e 20 b).

d) inversão de sinal de momento flector, dar-se-ia em G, para a barra GH (fig. 19c e 20c);

e) não seriam levados em conta os momentos flectores M_y no plano XZ (fig. 20 d).

13 — CONCLUSÕES

O efeito dos recalques diferenciais é considerável, devendo ser levado em conta no cálculo das estruturas hiperestáticas.

A consideração de comportamento elástico da estrutura permite a solução do problema com relativa facilidade inclusive para o espaço tridimensional, devendo-se observar o seguinte:

a) nos casos em que os recalques diferenciais se processem ràpidamente, isto é, pràticamente em conjunto com as demais cargas, a estrutura deverá ser dimensionada para os esforços internos solicitantes resultantes da superposição dos esforços isolados. Nos exemplos do item 12, deveriam ser usados os diagramas das figuras 17 c e 20;

b) nos casos em que os recalques se processam lentamente estará a estrutura, no estágio inicial, sujeita sómente, aos esforços devidos à carga e, no estágio final do recalque, aos esforços resultantes da acção conjunta carga-recalques diferenciais. Deverá, nesses casos, ser dimensionada para diagramas de esforços resultantes da envoltória dos diagramas, devidos à carga e devidos à carga mais recalque. Nos nossos exemplos, deveríamos desenhar na mesma escala, sobrepor em papel transparente e obter diagramas envolventes dos diagramas das figuras 17 b e 17 c para a viga contínua e, os das figuras 19 e 20, para o pórtico do espaço tridimensional.

Em todos os casos os recalques devem ser calculados considerando-se a rigidez da estrutura através dos *coeficientes de transferência de carga* (1).

No caso em que se deseje analisar a estrutura no regime plástico, os diagramas de fase elástica servirão de base para a determinação das possíveis distribuições das rótulas plásticas.

TABELA I

Tabela de factores de forma

$$n_0 = \frac{E_c J_c}{E J}, n_1 = \frac{E_c J_c}{E J_1}, n_2 = \frac{E_c J_c}{E J_2}, \ldots n_{10} = \frac{E_c J_c}{E J_{10}}, \quad \Sigma K = \Sigma_0^{10} K_i$$

No caso da Torsão (*T*), teremos: $n_0 = \dfrac{E_c J_c}{G J_{10}}, \ldots$

$$F, G, G', T = (k_0 n_0 + k_1 n_1 + k_2 n_2 + k_3 n_3 + k_4 n_4 + k_5 n_5 + k_6 n_6 + k_7 n_7 + k_8 n_8 + k_9 n_9 + k_{10} n_{10}) = = = \Sigma k_i n_i$$

		k_0	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}	Σk
$Z = \frac{l}{10.000}$	*F*	16	88	158	208	238	248	235	208	158	88	16	1.667
	G	1	12	42	92	162	252	362	492	642	812	407	3 333
	G'	467	812	642	492	362	252	162	92	42	12	1	3.333
	T	500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1 000	1.000	1.000	1.000	500	10.000

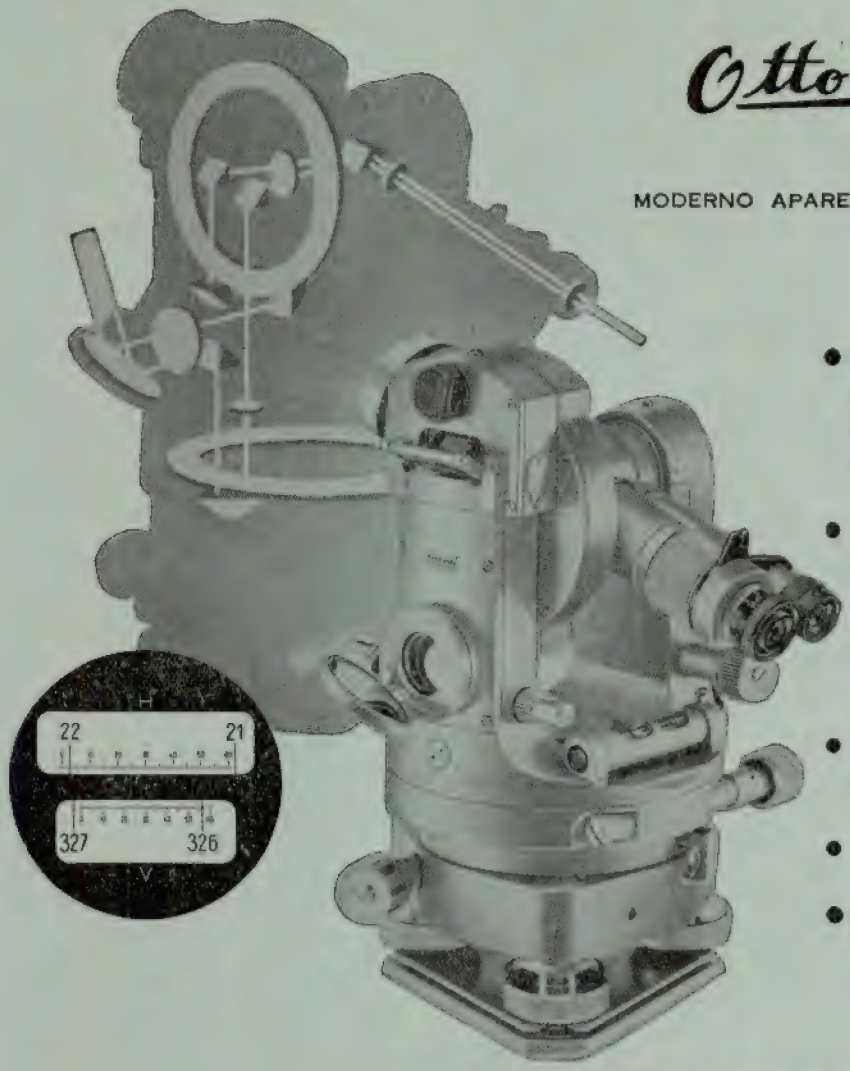
TABELA II

$\lambda = d/b$	1,0	1,5	2,0	2,5	3.0
ψ	0,140	0,196	0,229	0,250	0,263
α	1,000	0,442	0,250	0,160	0,1114
α T	0,211	0,130	0,086	0,060	0,044

BIBLIOGRAFIA

1. Telemaco Van Langendonk — «Tabela concisa para o cálculo de peças de secção variável» — Revista «Engenharia» n.º 85 — São Paulo, Brasil — 1949.
2. V. Kupferschmid — «Ebene und räumliche Rahmentragwerke» — Springer Verlag — Wien — 1952.
3. Portland Cement Association — «Handboock of Frame Constant» — U. S. A.
4. F. Sarmento Correia de Araújo — «Cálculo das estruturas no espaço pelo método de Cross» — «Engenharia» n.º 1 — Porto — Portugal — 1945

TEODOLITO TAQUEOMÉTRICO FTI



Otto-Fennel

MODERNO APARELHO DISPONDO DE:

- Observação simultânea dos dois limbos pelo microscópio colocado ao lado da ocular da objectiva
- Leitura por sistema directo de 1c e décimos por estimativa
- Leitura do nível vertical por coincidência
- Prumo óptico
- Grande luminosidade

Características ópticas e mecânicas

Telescópio analáctico com lente de focagem interna, retículo medidor de distância, telescópio reversível com o extremo da objectiva.

Constante de adição	zero
Constante de multiplicação	100
Comprimento do telescópio	190 mm
Abertura da objectiva	36 mm
Ampliação	28 x
Distância mínima de mira	1 m
Nível redondo	6' a 8'
Nível de reversão	30"
Nível de horizontalidade paralelo ao eixo de inclinação	40"

Nível junto ao círculo vertical legível por ajustamento da coincidência 40". Passo circunferencial sobre círculos de vidro 360° ou 400 g, de 1° ou de 1 g.

Diâmetro do círculo horizontal 90 mm, do círculo vertical 70 mm

Leitura directa horizontal	1'	1c
Leitura por avaliação	1'	1c
Leitura directa vertical	0,1' = 6"	0,2c = 20cc
Leitura por avaliação	0,2' = 12"	0,25c = 25cc

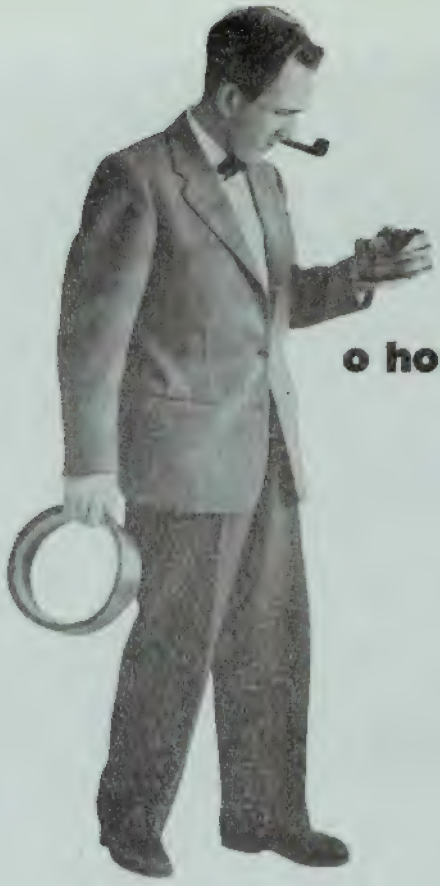
Pesos: Instrumento 4,7 kg, Tripé com pés extensíveis 6,0 kg, Caixa metálica 4,0 kg

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES — S. A. R. L.

L. DO RATO, 13 — TELEF. 68 21 31/37 — R. DO OURO, 145 — TELEF. 28361/36 85 41

LISBOA



o homem que NÃO consultou a SKF

e o que consultou, ambos sabiam que os rolamentos são de fácil manutenção e que a escolha de um rolamento adequado é muitas vezes simples. O que um deles evidentemente não sabia é que a SKF oferece gratuitamente um extenso serviço, referente a todos os problemas de rolamentos, que só técnicos especializados podem prestar.

MAS V. SA. SABE!

SKF

S O C I E D A D E SKF L I M I T A D A

LISBOA
Pr. da Alegria, 66-A, Tel. 32301

Telegr. Eskaef

PORTO
Av. dos Aliados, 152, Tel. 29776

C. D. U. 628.134:624.012.4

Notícia sobre os novos reservatórios do Monte dos Congregados, na cidade do Porto

Pelo Eng.º Civil ALBANO DO CARMO RODRIGUES SARMENTO
Director dos Serviços Municipalizados Águas e Saneamento

Função destes reservatórios

A distribuição de água da Cidade do Porto comporta quatro andares ou zonas de distribuição, sendo o mais elevado, que recebeu o nome de superior, já da criação dos Serviços Municipalizados, pois a Companhia francesa apenas tinha três: a zona inferior, a zona média e a zona alta.

A zona média era alimentada pelo reservatório de Santo Isidro, que recebia a água directamente de Jovim. A zona inferior, por uma quebra de pressão na Fonte dos Leões e pelo reservatório da Pasteleira, na Foz. A zona alta era abastecida por um reservatório de alvenaria, semi-enterrado, situado no alto do Monte dos Congregados, o ponto mais alto da Cidade, à cota 158. A alimentação deste reservatório fazia-se por meio de bombas a vapor, que aspiravam no reservatório de Santo Isidro, sendo a distância em planta destes dois reservatórios muito pequena, apenas 200 metros, para uma diferença entre os respectivos planos de água de 36 metros.

Quando se constituiram os Serviços, a estação elevatória foi electrificada e mais tarde criada a zona superior, pela construção da Torre-reservatório, alimentada por água elevada do reservatório dos Congregados e com o plano de água à cota 181.

Vê-se assim quão sobrecarregado se encontrava o reservatório de Santo Isidro. Por ele passava toda a água distribuída nas zonas média, alta e superior, o que seriam 78 %, ou 25.500 m³ por dia, com o consumo de 1956. A utilização do reservatório do Carvalhido e a comunicação directa entre a adutora e a distribuição, na rua do Heroismo, reduziram a percentagem a 57 %, ou cerca de 18.000 m³ por dia, o que ainda representa o dobro da capacidade do reservatório. É certo que, no tempo da Companhia, passava lá toda a água trazida à Cidade; mas essa água não atingia, então, sequer a capacidade do reservatório.

Por outro lado, o reservatório dos Congregados achava-se em muito mau estado de conservação, quer quanto ao fundo, invadido pelas raízes, quer quanto às paredes e mesmo à cobertura. Não era possível enchê-lo acima duma certa altura, porque as perdas se tornavam excessivas, mas mesmo quando a altura de água era pequena já elas eram importantes. Julgamos até que o mau estado da escarpa granítica da rua da Alegria se deve imputar, em grande parte, às infiltrações provenientes do reservatório.

De há anos se pensava na reconstrução do reservatório dos Congregados e julgou-se que seria de aconselhar o aproveitamento total do terreno, de modo a dar ao reservatório a máxima capacidade possível.

Um exame mais atento do problema mostrou que não havia interesse em ir demasiado longe neste ponto, que traria encargos fora de proporção com as vantagens obtidas.

O abastecimento da zona superior tinha sido previsto, em 1938, a partir aa zona alta. Isto é, a água era elevada de Santo Isidro aos Congregados e dos Congregados à Torre. Uma tal concepção, dada a pequena distância entre os dois reservatórios, era então, e ainda o é hoje, manifestamente inconveniente, pois o único argumento que se pode invocar em sua defesa, o duma maior economia no primeiro estabelecimento, não constitui razão suficiente; com efeito, além da exploração ser muito mais cara, foi-se sobrecarregar a tarefa dum reservatório já decrépito. Assim, logo que foi possível, substituímos (em 1949) a elevação Congregados-Torre pela elevação Santo Isidro-Torre, o que nos trouxe uma grande economia no gasto de energia e aliviou consideràvelmente o velho reservatório dos Congregados. O antigo sistema conservou-se apenas como reserva.

O reservatório de Santo Isidro recebe água, por gravidade, de Jovim. A água ali armazenada constitui reserva da adução, para ser gasta nas zonas média, alta e superior. O papel dessa reserva é importante, porque as avarias na adução são de reparação relativamente demorada. Há, portanto, interesse em aumentá-la, tanto quanto seja econòmicamente possível, para o que se construirá o novo reservatório do Bonfim.

O reservatório dos Congregados constitui reserva da sobreelevação e a água é para ser gasta na zona alta e eventualmente na zona superior. A única avaria a tomar em consideração na sobreelevação, dada a multiplicidade dos grupos e condutas elevatórias, é a falta de energia eléctrica. Com a alimentação de que se dispõe, não é de prever que tal falta possa durar muito tempo, de modo que não há realmente interesse em aumentar excessivamente a capacidade do reservatório dos Congregados, se isso conduz a grandes despesas.

É certo que o reservatório dos Congregados constitui também reserva da adução, pois a água que nele se encontra já passou a adução. Mas a constituição dessas reservas, àquele nível, é mais cara e, portanto, é preferível constituí-las ao nível da adução, o que competirá ao futuro reservatório do Bonfim.

Os primeiros projectos para o novo reservatório dos Congregados previam um reservatório rectangular de dois compartimentos, com paredes de alvenaria e cobertura de cimento armado, ou todo de betão armado, semi-enterrado, como os anteriores, e para ser explorado pela mesma forma, isto é, com entrada e saída separadas. Nunca nos entusiasmaram estes projectos.

O terreno do Monte dos Congregados é de rocha dura, granito com profundas e alteradas diaclases. Houve exploração de pedreira, talvez até para a construção do reservatório, e, como a rocha está recoberta da terra, nunca se sabe o que se vai encontrar. As fundações dum reservatório de alvenaria ou de cimento armado arriscavam-se a trazer surpresas desagradáveis.

Além disso, as disposições locais prestavam-se admiràvelmente ao emprego de reservatórios em derivação sobre a conduta, em vez da disposição série aqui sistemàticamente adoptada. Com efeito, dado o perfil longitudinal da conduta elevatória distribuidora, o reservatório aparece na posição duma chaminé de equilíbrio e o trabalho das bombas não introduz sensíveis variações de pressão. Esta é comandada pela altura da água no reservatório, que se regula como se quiser (veja-se a Fig. 1).

Decidimos, por isso, que os reservatórios seriam postos em derivação.

Por outro lado, a necessidade de escalonar a construção, a fim de poder utilizar para ela os saldos de exploração, levou-nos a prever reservatórios separados, estando naturalmente indicada a forma cilíndrica e o material o betão armado. A melhor maneira de utilizar o espaço disponível seria com quatro reservatórios de 22 metros de diâmetro cada um. Restava fixar a altura de água, e fomos levados a afastar-nos das alturas correntes, por certas considerações.

O reservatório de alvenaria tinha quatro metros de altura de água, ficando o fundo à cota de 157 e o plano de água à cota de 161.

Se fôssemos a adoptar as mesmas cotas, cada reservatório não teria mais de 1.500 m^3 de capacidade. Como não pensávamos construir, por enquanto, senão dois dos quatro previstos, não disporíamos senão de 3.000 m^3 como reserva máxima para o caso de falta de energia, o que nos pareceu pouco, tanto mais que, não se mantendo os reservatórios permanentemente cheios, poderia suceder que essa avaria sobreviesse precisamente quando os reservatórios estivessem a nível baixo. Para evitar estes inconvenientes, resolvemos dar aos reservatórios a altura de 7 metros, ficando o fundo à cota 155,5 e o plano de água à cota 162,5; mas, normalmente e para evitar grandes diferenças de pressão na rede, o nível do reservatório será mantido entre 158 m e o máximo; os últimos 2,5 metros serão reserva. Além disso, um dos reservatórios estará usualmente cheio e fechado e o outro em serviço, em dias alternados. Desta forma haverá uma reserva de pelo menos 3.500 m^3.

A grande altura de água, conjugada com o diâmetro relativamente importante do reservatório, desaconselhariam a construção em cimento armado e por isso nos inclinámos para o betão preesforçado.

O processo de construção para reservatórios cilíndricos de betão preesforçado, de que então conhecíamos exemplos, era o do «carroussel», mas parecia-nos que a necessidade de recorrer a aparelhagem especial e empreiteiros estrangeiros não nos permitiria adoptá-lo.

ESQUEMATISAÇÃO DA FUNÇÃO DOS RESERVATÓRIOS

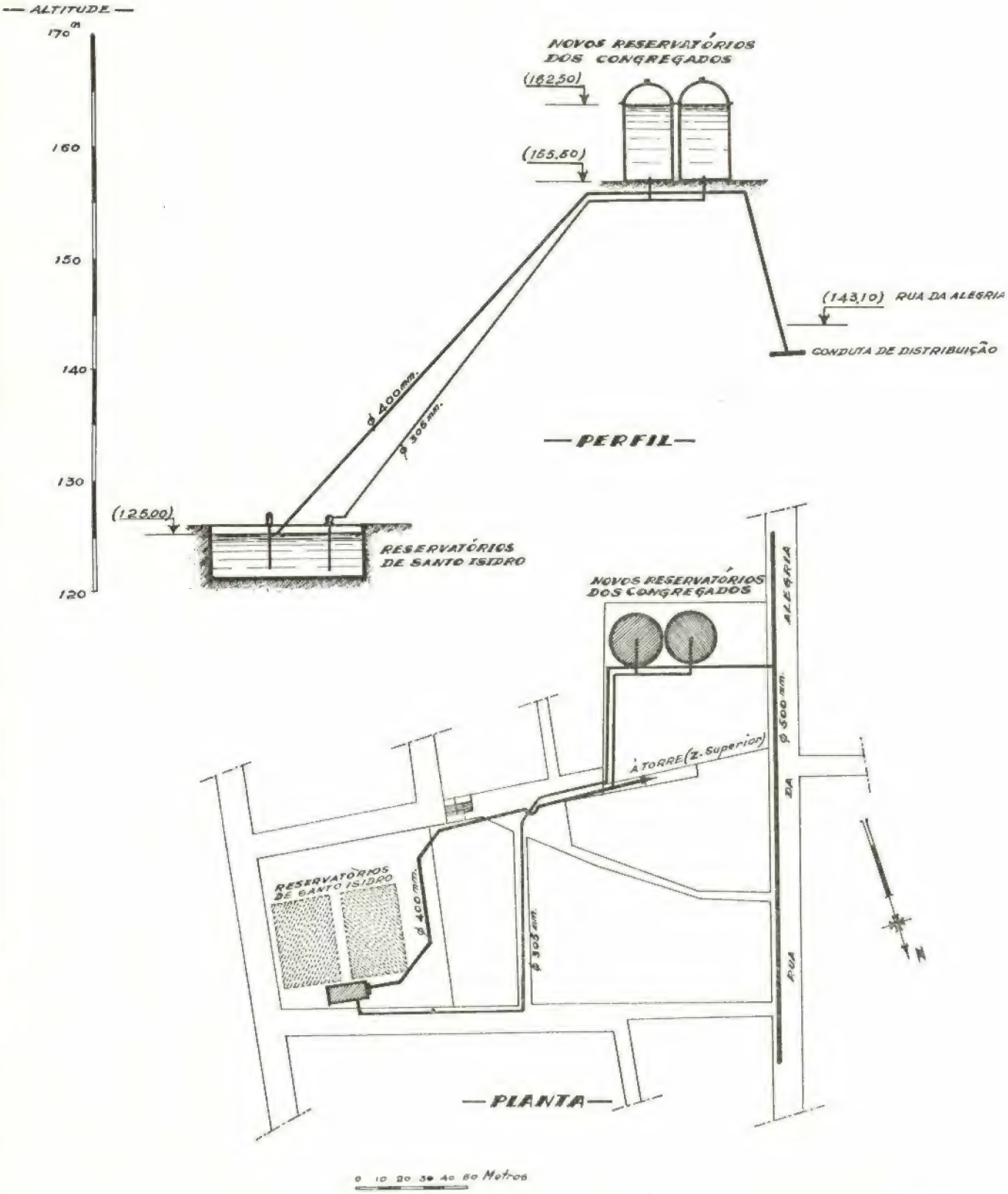


Fig. 1

Pelo tempo em que estávamos a amadurecer estas ideias, isto é, por 1951, publicou a revista «Water and Water Engineering» um artigo referente a dois reservatórios cilíndricos, construídos em Inglaterra, para armazenar água do mar, numa fábrica de magnésio, cujas dimensões se aproximavam das que tínhamos em vista e nos quais foram utilizados os processos «Blaton-Magnel». Como nessa ocasião fomos a Inglaterra, por causa do revestimento da conduta Nova Sintra-Santo Isidro, aproveitámos o ensejo para nos avistarmos em Bruxelas com a Sociedade «Le Câble Sandwich», detentora das patentes «Blaton-Magnel».

Verificámos, então, que poderíamos adoptar o processo, desde que nos entendêssemos com os detentores da patente, sem necessidade de recorrer a empreiteiros especializados, que teriam de ser estrangeiros, e sem ter de importar complicada aparelhagem, como seria o caso do processo do «carroussel».

Das conversas havidas então e continuadas por correspondência, resultou ser encarregado o gabinete de estudos «Preco» de nos fazer o projecto do reservatório. A firma «Le Câble Sandwich» dar-nos-ia assistência técnica, vendia-nos os aparelhos de amarração, no preço dos quais se compreendia a utilização das patentes, e alugava-nos os macacos para pôr em tensão os fios.

Primeiro reservatório

Em 1953, deu-se começo às obras de construção do primeiro reservatório que, no conjunto de quatro previstos, é o que se encontra no canto sueste. Começou-se por demolir o compartimento sul dos reservatórios de alvenaria. A fundação deste reservatório era constituida por muros que iam até à rocha e sobre os quais assentavam as fiadas de pilares que sustentavam a cobertura. A área ocupada pelo novo reservatório excedia em muito a da parte demolida do antigo. Prolongaram-se os muros existentes, até à rocha, construiram-se outros em betão, com incorporação de pedras, e sobre o conjunto assentou-se uma lage de betão armado.

Dada a novidade do processo, logo assentámos em que seria impossível obter um empreiteiro que se abalançasse à obra e, se o obtivéssemos, o preço seria proibitivo, pela incerteza que pesava sobre as condições do trabalho. Resolvemos, por isso, utilizar a administração directa.

Solicitámos os serviços do Eng.º Armando de Campos e Matos, como engenheiro consultor, e a construção foi dirigida pelo Eng.º Alves de Sá, Chefe do Serviço de Estudos e Construção.

Os desenhos que apresentamos mostram as disposições gerais adoptadas (figuras 2 e 3). Ver-se-á que a virola de fundo é de cimento armado e nela se apoia o fuste, constituido por blocos de betão prefabricados em moldes metálicos e sobre mesa vibratória.

A compressão vertical e a compressão horizontal dão ao conjunto uma completa rigidez. A parede está sujeita, além da tracção devida à pressão de água, a um esforço de flexão, que foi calculado segundo a teoria da viga sobre fundação elástica.

A constituição da parede do reservatório em blocos obrigou a efectuar a compressão vertical excêntricamente, daí resultando a necessidade de reforçar a viga superior de maneira apreciável.

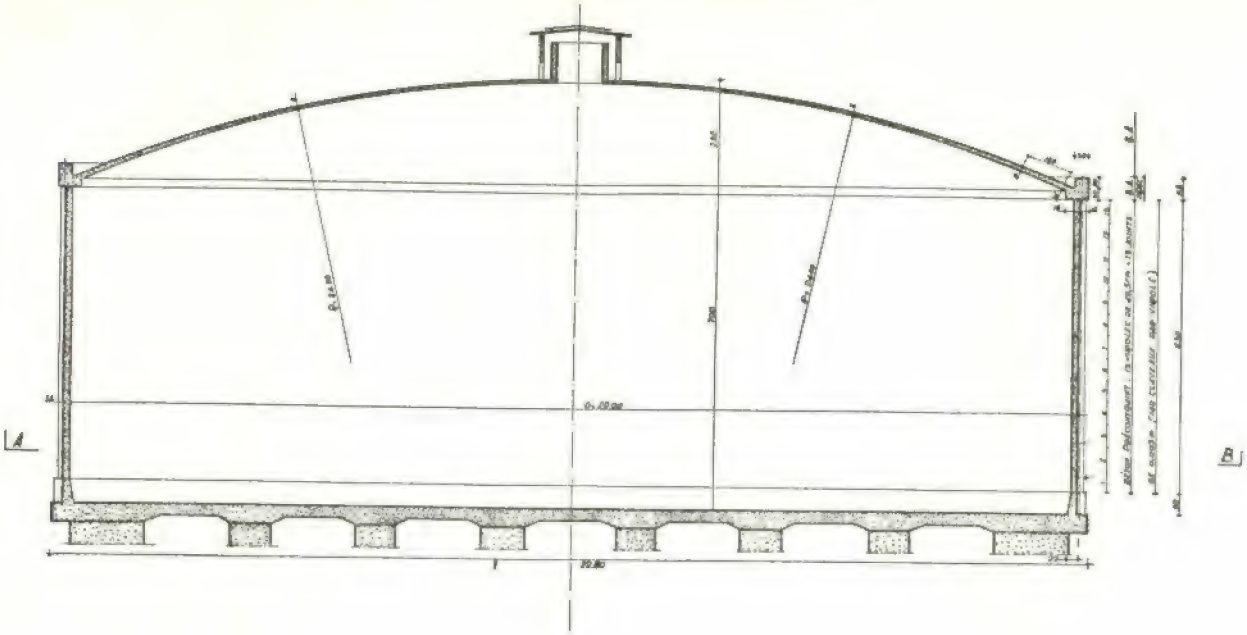
A compressão vertical é dada por 32 cabos de 16 fios cada um, os quais amarram por um lado no prolongamento periférico da lage de fundo, por outro num rebordo da viga superior. Os fios são uniformemente de 7 mm de diâmetro e apresentam a resistência à rotura de 15.000 kg/cm^2. Estes cabos estão fixados por peças especiais (sandwiches) em aço SIEMENS-MARTIN, talhadas à fresa; cada peça amarra 8 fios. A compressão circunferencial é dada por cabos de quatro fios cada um, em que os fios estão amarrados em peças semelhantes às primeiras. Cada cabo cobre 360º e para diminuir o atrito são apoiados em roletes de aço de 7 mm de diâmetro. O afastamento desses cabos é variável.

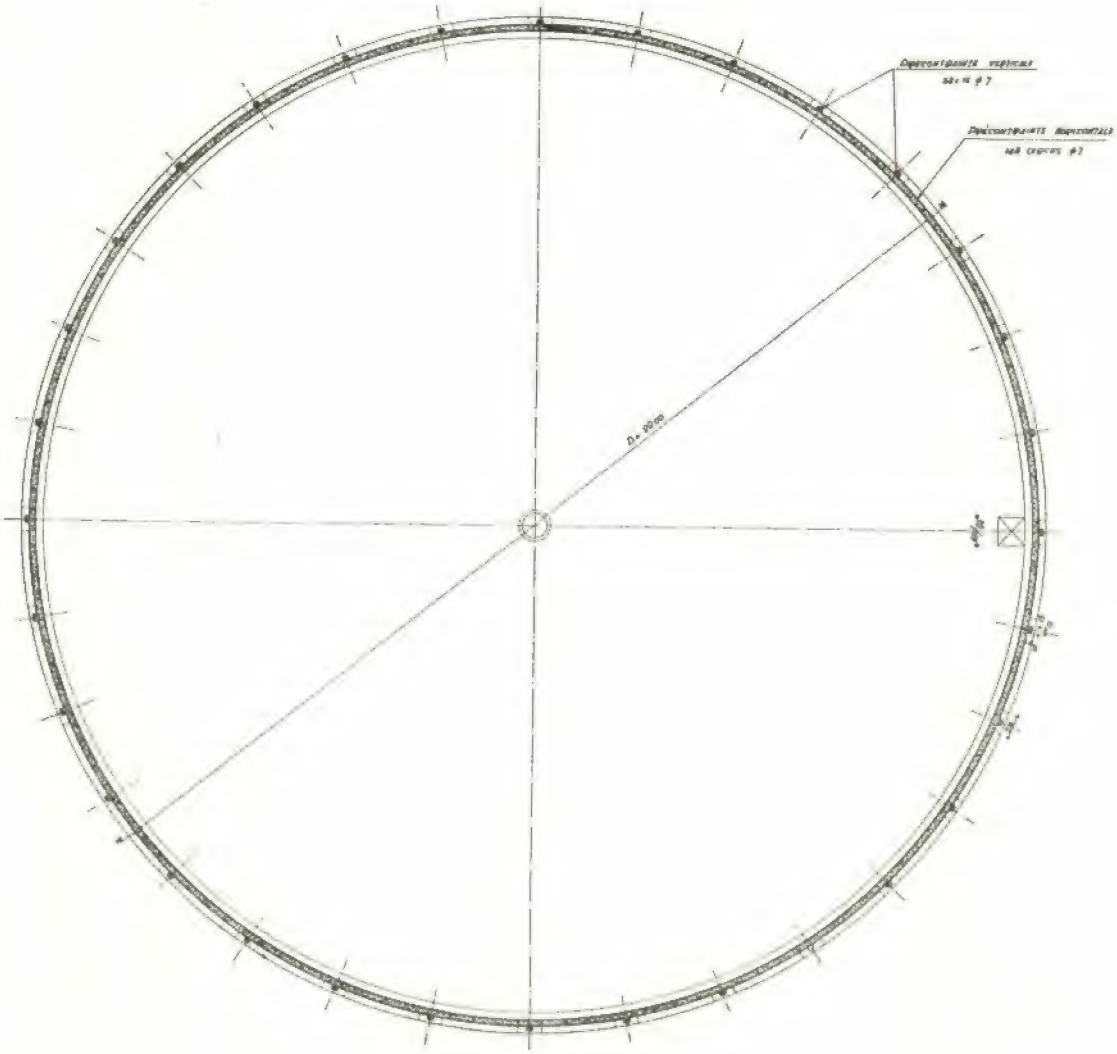
Lage de fundo. Esta lage foi assente na fundação já descrita. É de betão armado e com ela faz corpo a primeira virola da parede, também de cimento armado, donde apoia a parede circular. No rebordo da lage amarram os 2 cabos verticais. Esta lage foi vasada sem interrupção e foi conservada com água durante algumas semanas.

Fuste. O fuste é como dissémos, constituido por uma parede circular, composta por blocos paralelipípedos, as dimensões de 49,5 × 49 × 14 cm, tendo nas faces horizontais dispositivo de macho e fêmea. Nas faces laterais deixaram-se

COUPE VERTICALE

ECHELLE : 2%





COUPE AB

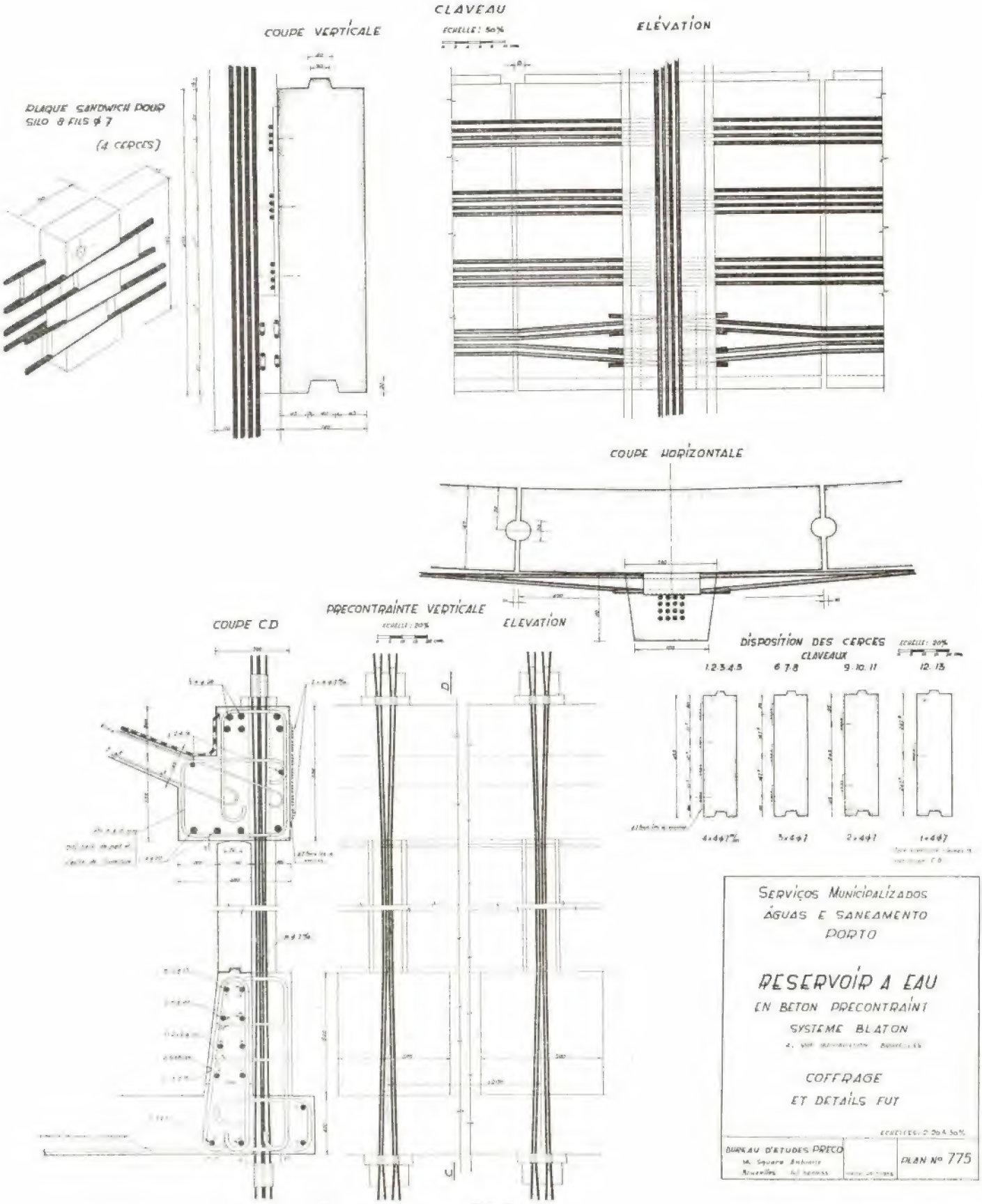

CLAVEAU
COUPE VERTICALE
ELÉVATION
PLAQUE SANDWICH POUR SILO 8 FILS ϕ 7
(4 CERCES)
COUPE HORIZONTALE
PRECONTRAINTE VERTICALE
COUPE CD
ELEVATION
DISPOSITION DES CERCES
CLAVEAUX
1.2.3.4.5
6.7.8
9.10.11
12.13
4×4ϕ7
3×4ϕ7
2×4ϕ7
1×4ϕ7
SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS
ÁGUAS E SANEAMENTO
PORTO
RESERVOIR A EAU
EN BETON PRECONTRAINT
SYSTEME BLATON
COFFRAGE
ET DETAILS FUT
BUREAU D'ETUDES PRECO
PLAN Nº 775

Fig. 3

uns canais de 30 mm de diâmetro, onde se introduzia a argamassa, que era atacada com uma vareta de ferro, de modo a refluir pela junta. Nas faces horizontais a argamassa era comprimida pelo próprio peso do bloco. Como a flecha na dimensão do bloco era muito pequena (3 mm), estes foram feitos com as faces expostas planas.

Os blocos foram executados em moldes metálicos vibrados em mesa vibratória e conservados em meio húmido. A dosagem era de 350 kg de cimento para 1200 litros de inertes, tendo-se usado brita miúda de granito azul. A resistência aos 7 dias era de 340 kg/cm^2.

O transporte e colocação dos blocos na obra foram feitos utilizando um nono-rail circular e mandíbulas de aperto automático. O assentamento foi feito por fiadas horizontais, sendo as juntas verticais contrafiadas. A última fiada, para evitar o uso de blocos especiais, foi moldada no local.

Cúpula. A cúpula é esférica, de betão fracamente armado, com 8 cm de espessura. A armadura consiste numa malha de fios de 5/6" (8 mm) de diâmetro, formando rede de aproximadamente 25 cm de lado.

A viga de bordadura tem uma armadura importante, por servir de amarração aos cabos verticais. Devendo o betão desta viga trabalhar a 150 kg/cm^2, foi especialmente cuidada a sua fabricação, não sendo a resistência dos provetes inferior a 450 kg/cm^2, aos 7 dias.

A flecha da cúpula é de 2,80 m e o impulso é equilibrado por 7 cabos de 4 fios.

A betonagem da cúpula foi executada em dois dias, sendo no primeiro a viga e no segundo a cúpula.

A cúpula tem um pequeno lanternim no fecho e uma abertura junto da parede por onde se faz o acesso, havendo uma escada feita de perfis de ferro ligeiros, soldados, que foi metalizada a zinco, depois de construída.

Preesforço. Terminada a betonagem do reservatório, em Outubro de 1954, deu-se início à colocação dos cabos de aço.

O aço foi uniformemente de 7 mm de diâmetro, com o limite de elasticidade de 11.500 kg/cm^2 e tensão de rotura de 15.000 kg/cm^2, sendo a tensão inicial de 9.500 kg/cm^2.

O número de cabos de 4 fios foi de 37 para o fuste e 7 para a viga de cobertura. As *sandwiches* de amarração foram colocadas segundo 4 geratrizes, distanciadas de 90°, de modo a equilibrar as zonas de menor tensão, que são as situadas a 180° da amarração. Quanto às da viga da cobertura, foram distribuídas uniformemente na circunferência desta. Estes cabos são construídos por uma só fiada.

O esticamento dos cabos foi realizado com um macaco hidráulico de duplo efeito, fornecido pela firma «Le Câble Sandwich», que nos enviou um técnico, para dar início ao trabalho e esticar os primeiros cabos. Depois o trabalho foi orientado e executado pelo pessoal dos Serviços. Os cabos verticais são constituídos por 16 fios paralelos, em quatro fiadas de quatro fios cada uma, mantidas em posição por uma grelha.

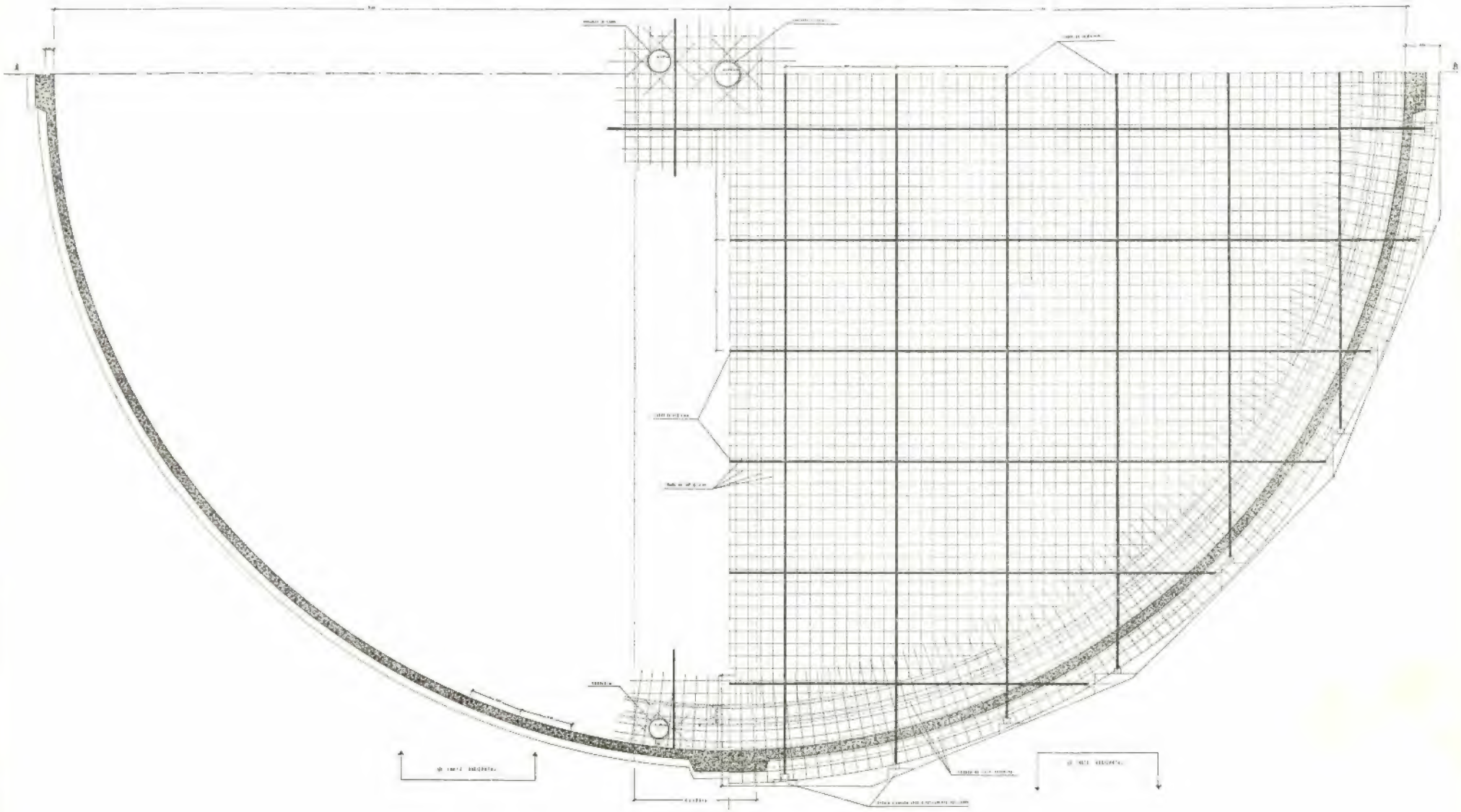
Protecção dos cabos de revestimento. Os cabos verticais foram embebidos em pilastras de betão, como se vê nas fotografias, e os cabos horizontais foram revestidos com um induto de gunite, aplicado ao *cement-gun*. O interior foi revestido de reboco hidrófugo e o exterior da cúpula com tijolos de aglomerado de cortiça, protegidos por sua vez com cartão asfaltado especial. O interior do reservatório foi ainda pintado com duas demãos de tinta asfáltica.

Acessórios. O acesso das canalizações ao reservatório faz-se pelo fundo, através duma galeria visitável, que atinge o centro do reservatório. Entram três tubos, dois centrais (esgoto e tubagem comum de alimentação e saída) e um próximo da parede, para o *trop-plein*. O reservatório dispõe dum indicador de nível com transmissão a distância, sendo os resultados lidos na estação elevatória.

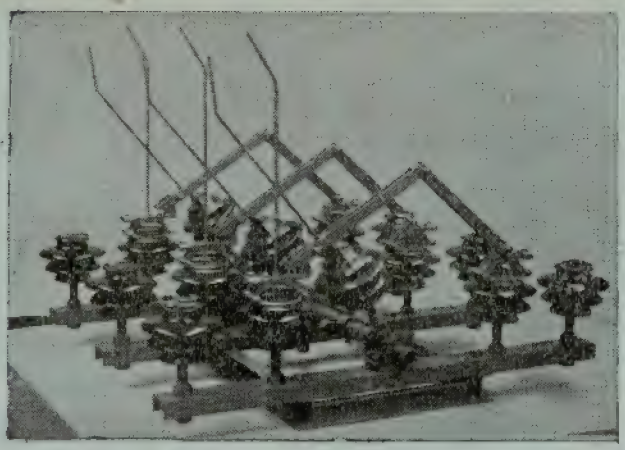
Segundo reservatório

Em 1956, tomámos a resolução de construir o segundo reservatório, visto que a situação do tanque que restava do primitivo reservatório era cada vez mais precária.

Contudo, em vez de reproduzirmos simplesmente o primeiro reservatório, depois de exame do problema, inclinámo-nos para a aplicação dos cabos «Freyssinet», que nos dispensariam o revestimento exterior em gunite, para cuja realização,



MATERIAL DE ALTA TENSÃO

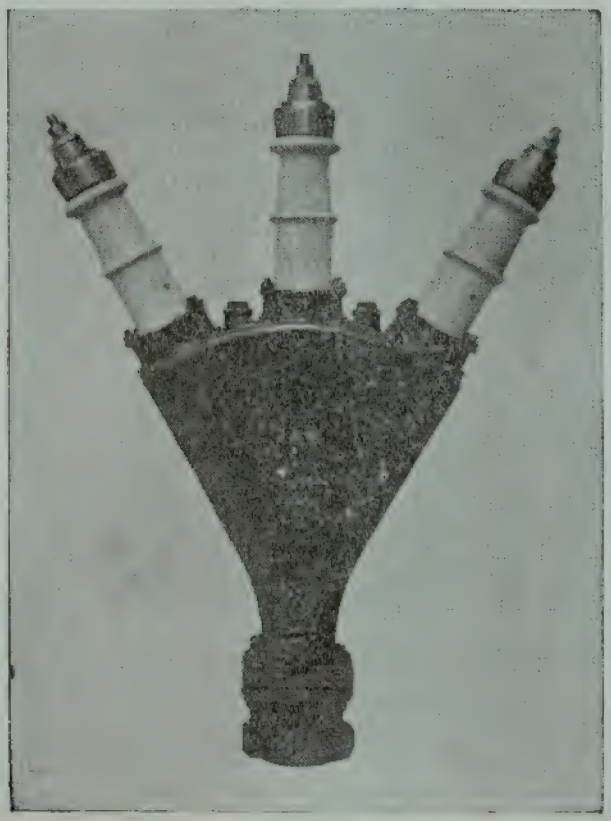


JAYME DA COSTA, L DA

LISBOA
RUA DOS CORREEIROS, 14

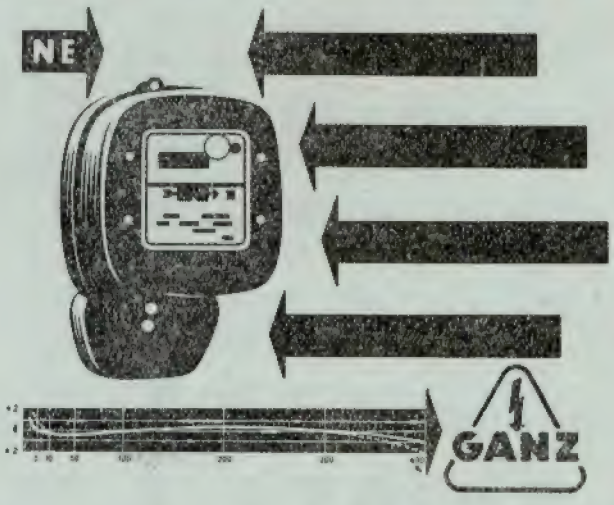
PORTO
PRAÇA DA BATALHA, 12

LUANDA
CAIXA POSTAL 5174



ENTREGAS RÁPIDAS

Contadores eléctricos "Ganz" monofásicos e trifásicos



Instrumento de alta precisão para medir o consumo de electricidade

VANTAGENS

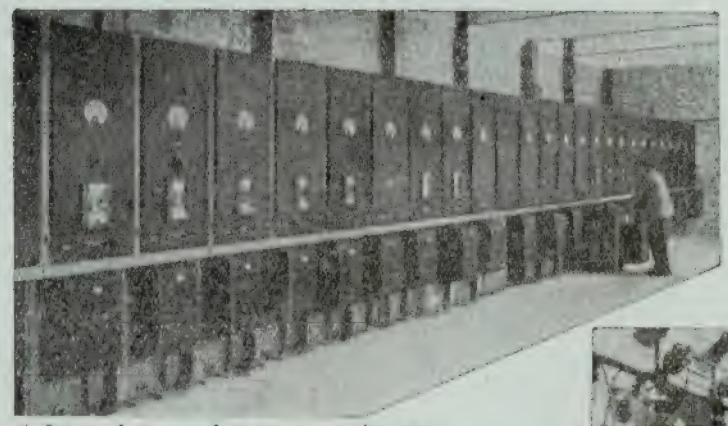
- Sistema de funcionamento de alta estabilidade.
- Exactidão máxima de medição.
- Grande independência das variações de voltagem e frequência.
- Desmontagem fácil sem necessidade de ferramentas especiais.
- Características de constância, mantendo-se sem qualquer alteração a primeira afinação mesmo a plena carga e em serviço aturado.

USINES DE COMPTEURS GANZ
Budapest — Hungria

Representantes em Portugal e Provincias Ultramarinas:

J. NASCIMENTO CORDEIRO

Rua Fernandes Tomás, 439-449 — PORTO



APARELHAGEM DE CORTE

A figura da esquerda mostra um dos 4 paineis do equipamento auxiliar da Central Geradora de Rye House, B. E. A. Eastern Division, compreendendo um total de cento e catorze disjuntores em banho de óleo, de contactos verticais tipo QF, 150 MVA, 3,3 kV;

A figura da direita mostra: Parte da instalação exterior com barramento duplo de 33-KV, 1.000 MVA, da central acima, contendo disjuntores em banho de óleo do tipo JB.

THE **BRITISH THOMSON-HOUSTON** CO. LTD · WILLESDEN · ENGLAND
Member of the AEI group of companies

REPRESENTANTES GERAIS

GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA

RUA DO NORTE, 5 – LISBOA • RUA SÁ DA BANDEIRA, 585 – PORTO

4 4628

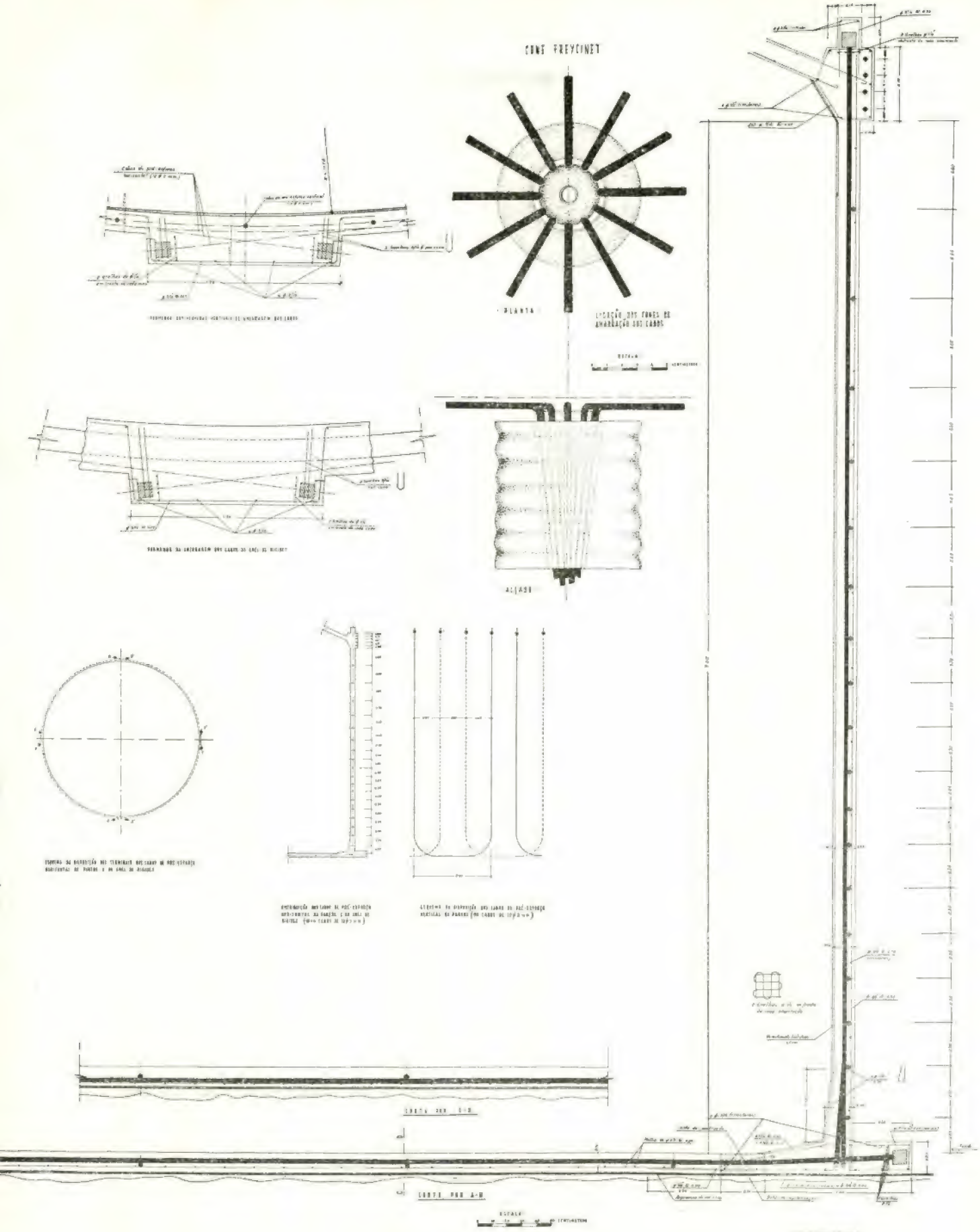


Fig. 5

no primeiro reservatório, tínhamos tido grandes dificuldades.

O projecto foi cometido ao Sr. Eng.º Doutor Armando de Campos e Matos, tendo a execução e colocação dos cabos sido feitas com a colaboração da Sociedade «Precomate», sob a orientação do Sr. Eng.º Teixeira Rego.

A construção foi, como para o primeiro reservatório, realizada por administração directa, sob a direcção do Eng.º Alves de Sá.

Iniciada em Setembro de 1956, com a demolição do que restava do compartimento sul do antigo reservatório, estava pràticamente terminada no fim do ano de 1957.

Fundações. O terreno para este reservatório era de muito melhor qualidade. Apresentava-se rocha em bom estado, de modo que o sistema adoptado consistiu na regularização por meio de betão, à cota conveniente, constituindo-se uma plataforma sobre a qual assenta o reservatório, por intermédio duma camada de cartão asfáltico, a fim de permitir a livre dilatação, quando da aplicação do preesforço da lage do fundo, a que adiante nos referiremos.

Reservatório n º 2. O reservatório n.º 2 que, como se disse, tem as mesmas características gerais do reservatório n.º 1, difere substancialmente deste, quanto à sua construção.

Todos os elementos do reservatório n.º 2 foram betonados *in situ*, pelo que as armaduras do preesforço ficaram incorporadas no betão. Utilizaram-se para estas armaduras cabos «Freyssinet», de 12 fios de 5 mm, com tensão de rotura mínima de 160 kg mm², sendo de 112 kg mm² a tensão inicial dada aos fios.

Os cabos verticais ficaram centrados na espessura da parede cilíndrica, disposição de que resultou grande simplificação para as ligações da mesma parede ao fundo e à cúpula.

Os cabos horizontais foram dispostos exteriormente aos verticais e imediatamente a seguir, fazendo-se a sua amarração em zonas da parede especialmente alargadas, de modo a formarem pilastras. Considerações de economia levaram a constituir cada espira por dois meios cabos de desenvolvimento correspondente a 180º, ficando assim as perdas por atrito a dizerem respeito a ângulos de contacto do cabo com a parede de 90º (a aplicação do preesforço em cada meio cabo foi feita simultâneamente nas duas extremidades). Esta constituição vê-se claramente na figura 5.

Pelo que se refere ao cálculo, ùnicamente há que acentuar que se considerou, no estudo da parede cilíndrica e no da cúpula, a solidariedade destes dois elementos e que, com o objectivo de reduzir os momentos flectores na parede, foi o estudo conduzido admitindo que a aplicação do preesforço horizontal era feita em duas fases, correspondendo a esquemas estruturais diferentes.

Na 1.ª fase, mercê duma junta prevista entre o fundo e a parede, a deformação desta era livre, não dando por isso a aplicação do preesforço origem a flexão.

Na 2.ª fase, efectuada depois de se ter solidarizado a parede com o fundo, a aplicação do preesforço deu origem à instalação, na parede, de momentos flectores de sinal contrário aos produzidos pela pressão hidrostática. A distribuição dos cabos foi feita de modo que o momento instalado na secção de encastramento da parede fosse igual, em valor absoluto, a metade do momento produzido pela pressão da água. Deste modo, foi possível reduzir para metade o valor do momento flector a considerar no dimensionamento da parede do reservatório (deve notar-se que, dado o facto de já ser muito reduzida a espessura da parede no 1.º reservatório — 14 cm — este facto ùnicamente se traduziu em economia de armaduras).

Com o fim de obter a completa estanqueidade do reservatório e para facilitar a ligação do fundo à parede cilíndrica, foi aplicado ao fundo, após a betonagem da junta anteriormente referida, um preesforço em duas direcções ortogonais, originando tensões de cerca de 10 kg cm² (Fig. 4).

Finalmente, o reservatório foi revestido interior e exteriormente de chapa de argamassa de cimento e, interiormente, ainda pintado com duas demãos de tinta asfáltica especial.

Seguir-se-á a demolição total do que resta do velho reservatório de alvenaria.

A construção dos outros dois reservatórios só será feita mais tarde, quando as necessidades da exploração o imponham.

Aspectos dos Reservatórios

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 92,0 % dos totais do País.*

ABRIL

I — Breve nota mensal

Do ponto de vista hidrológico, o mês de Abril foi muito húmido.

A partir do dia 9, a energia máxima armazenável na albufeira de Paradela passou para 222,5 GWh correspondente à cota de 740 m.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1957	1958	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	178,0	191,8	+ 8,0
Produção térmica (P_t)	0,1	0,0	—100
Produção total (P_T)	178,1	191,8	+ 8,0
Cons. electroquímico (C_{eq}) (1)	47,2	50,9	+ 8,0
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	123,7	134,8	+ 9,0
Consumo total (C_T) . . . . (1)	170,9	185,7	+ 9,0

b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1958

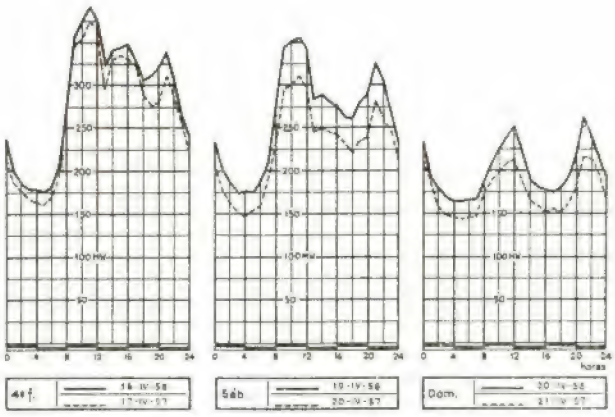
	1957	1958	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	653,4	731,7	+ 12
Produção térmica (P_t)	51,8	39,2	— 24
Produção total (P_T)	705,2	770,9	+ 9
Cons. electroquímico (C_{eq}) . (1)	130,9	153,5	+ 17
Cons. permanentes (C_p) . . . (1)	537,8	581,2	+ 8,1
Consumo total (C_T) . . . . . (1)	668,7	734,7	+ 10

Nota:

(1) Vide nota referente ao mês de Janeiro de 1957.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 17-4-957	16-4-958
Produção hidráulica (P_h) — MWh	6491	6918
Produção térmica (P_t) — MWh . .	0	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	6491	6918
Utilização da ponta (U) — horas	16,9	17,1
Factor de carga (α)	0,71	0,71
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,42	0,43



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês.

Albufeira	Energia armazenada GWh	% (1)
Paradela	170,2	76,5
Venda Nova	127,4	99,6
Salamonde	27,6	100
Caniçada	32,5	98,0
Guilhofrei	7,3	88,7
Lagoa Comprida	26,2	89,4
Santa Luzia	59,2	96,0
Cabril	338,0	99,6
Castelo do Bode	162,4	99,6
Pracana	11,5	89,4
Póvoa	11,7 (2)	97,1
Total	980,9	93,5

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras definido pela relação

$$\frac{\text{Energia armazenada}}{\text{Máx. energia armazenável}} \times 100\ \%$$

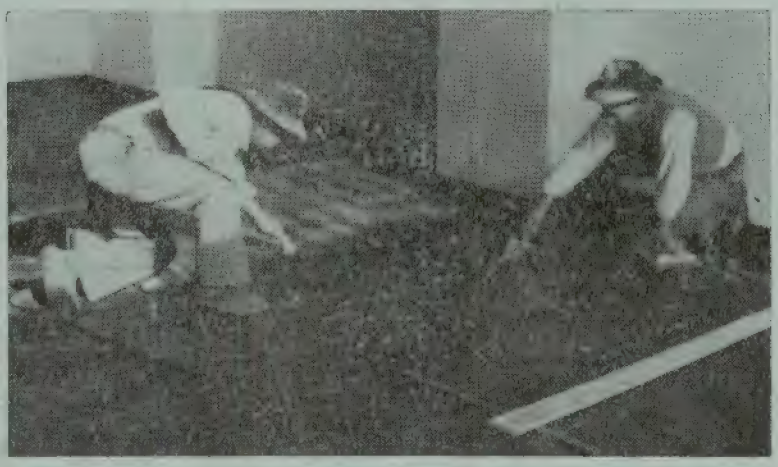
(2) Inclui 1,6 GWh armazenados no açude do Poio.

um pavimento resistente

de fácil aplicação a frio

Ilustram as fotografias, as três principais fases da aplicação de um pavimento **FLINTKOTE**:

- **Camada de aderência**
- **Espalhamento e nivelamento da argamassa**
- **Afagamento da superfície**



Assim se obtém um pavimento elástico, resistindo a trânsito pesado sem desagregação nem produção de poeiras, mau condutor do som e do calor, impermeável, incombustível e económico.

SHELL

FLINTKOTE

EMULSÕES BETUMINOSAS

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

C. D. U. 691.545

POZOLANAS, BETÕES COM POZOLANAS E CIMENTOS POZOLÂNICOS

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) A. DE SOUSA COUTINHO
Investigador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

(Continuação)

CAPÍTULO 8

BETÕES COM POZOLANA E SUAS PROPRIEDADES. ACÇÃO DA POZOLANA ADICIONADA AO CIMENTO DURANTE A AMASSADURA

49. A adição da pozolana ao betão durante a amassadura. — Um processo muito corrente de utilização da pozolana é o de ser usada como mais um componente do betão ou da argamassa, juntando-se ao cimento na ocasião da sua amassadura com os inertes. O betão ou argamassa assim obtidos são designados por betão ou argamassa com pozolana.

É o processo clássico da utilização da pozolana, que foi empregado até meados do século XIX e está actualmente outra vez muito em voga, sobretudo nos E. U. A. e na Itália, onde, aliás, nunca deixou de ser utilizado. A vantagem deste método consiste essencialmente na simplicidade da utilização da pozolana, pois não há necessidade de fazer uma fabricação especial de cimento pozolânico e na simplicidade da fiscalização das quantidades de pozolana que se utilizam, visto que no caso do cimento pozolânico é mais difícil, por ser moroso, conhecer as proporções do cimento e da pozolana.

Nos parágrafos seguintes vamos passar em revista as propriedades dos betões de cimento portland e de betões idênticos nos quais se substitui 30 % de cimento por pozolana que é adicionada ao betão na betoneira, na ocasião da sua amassadura, tal como se se tratasse de mais um componente destes betões.

As propriedades que vão ser passadas em revista referem-se à influência da pozolana na tensão de rotura, na permeabilidade, na contracção, na fluência e no calor de hidratação dos cimentos e dos betões.

Antes, porém, ter-se-á de dar umas indicações sumárias sobre a natureza dos cimentos, pozolanas e betões que foram utilizados neste trabalho e a que se vai fazer referência.

50. Características dos cimentos, pozolanas e betões usados neste trabalho. — Os cimentos sobre os quais foram efectuados os estudos que se vão apresentar têm as características indicadas no quadro XXIII. São todos cimentos do nosso País, de fabricação corrente, excepto o cimento modificado C que, embora de fabricação industrial, é um cimento experimental, e o cimento moderado B que foi fabricado especialmente para a construção duma barragem.

As pozolanas usadas foram a pozolana natural da ilha de Santo Antão moída num moinho de bolas de laboratório até 8000 $cm^2\ g^{-1}$ e moída num moinho de martelos até à finura de 4000 $cm^2\ g^{-1}$ (§ 29) e as pozolanas artificiais n.ºs 1 e 3 cujas características físicas e químicas figuram no quadro XVII, e cujos resultados dos ensaios tecnológicos figuram no quadro XVIII (§ 43). A pozolana artificial n.º 1 foi moída no laboratório até à finura de 8200 $cm^2\ g^{-1}$ e a n.º 3 foi moída industrialmente, apresentando a finura de 12 100 $cm^2\ g^{-1}$.

Quanto ao betão sobre o qual foram realizados estes ensaios, a sua composição granulométrica está indicada na fig. 42 e a sua composição em kg m^{-3} é a seguinte:

godo (entre 50 mm e 4,76 mm)		1360 kg
areia		750 kg
cimento		200 kg
ou	cimento	140 kg
	pozolana	60 kg
água		150 l.

Quando, no que se vai seguir, se menciona o betão com pozolana, subentende-se sempre que o betão é rigorosamente o mesmo mas que 30 % do cimento é substituído por pozolana.

Como veremos a seguir as tensões de rotura que se obtêm com este betão são manifestamente baixas, mesmo tratando-se de betões com a dosagem de 200 kg de cimento; estes betões, se tivessem uma boa granulometria dariam, a 7 dias, tensões de rotura duplas das que são

apresentadas. Mas pensou-se que a utilização de betões de fraca resistência, devida a uma alta percentagem de areia e a um afastamento importante das curvas de referência, pudessem talvez acusar melhor a influência das pozolanas; como a quantidade de areia é grande em relação à que deveria ser, o cimento encontra-se mais finamente dividido, apresentando uma superfície maior, e este facto talvez concorresse para tornar a acção da pozolana mais evidente.

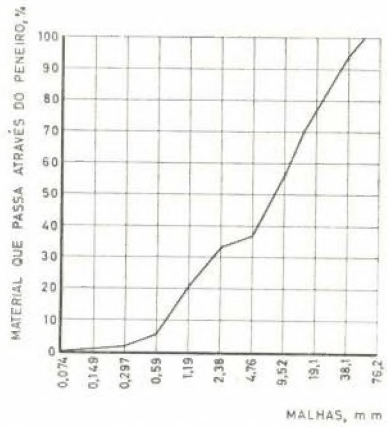


Fig. 42 — Curva granulométrica do inerte usado no estudo das resistências dos betões com pozolana. Inertes rolados provenientes dos usados na construção da barragem de Castelo do Bode.

51. Resistências dos betões com pozolana. — A resistência dos betões amassados com cimento portland e a dos betões amassados com substituição de 30 % de cimento por pozolana foi medida pela determinação das tensões de rotura de cubos com 20 cm de aresta e de vigotas com $10 \times 15 \times 60$ cm, conservados sempre, até ao momento do ensaio, numa câmara de nevoeiro, a uma temperatura média de $20 \pm 5^{\circ}$ C.

No quadro XXIV estão representados os resultados obtidos com os cinco cimentos e três das pozolanas já atrás referidas. Além do valor das tensões de rotura em kg cm^{-2}, neste quadro figuram, em itálico, as tensões relativas de rotura dos betões com pozolana, tomando como termo de comparação os betões de cimento portland correspondentes com a mesma idade.

Apesar das dispersões serem elevadas, o que se atribui às diferenças entre os cimentos e entre as pozolanas, nas duas últimas linhas figuram os valores médios da resistência do betão de cimento com pozolana relativamente à resistência do mesmo betão sem pozolana. Pode-se então dizer que, em média, a 1 ano, o betão no qual se substituiu 30 % de cimento por pozolana atinge as resistências de compressão do betão fabricado com cimento portland, e, a 3 e 5 anos de idade a tensão de rotura é já uns 10 a 15 % superior a esta.

No que se refere à flexão, o crescimento é mais rápido, pois logo a 3 meses as tensões de rotura dos betões com pozolana igualam as tensões de rotura dos betões de cimento portland.

Nas idades jovens, de 3 a 7 dias, a substituição de 30 % de cimento por pozolana provoca um abaixamento nas tensões de rotura por compressão de 20 a 25 %, e nas de flexão, de cerca de 15 %.

52. Comparação, sob o ponto de vista da resistência, da moedura em conjunto com a adição da pozolana na betoneira. Não há ainda experiências rigorosamente paralelas da comparação da moedura em conjunto do clínquer e da pozolana, com a adição desta na betoneira.

Nas experiências a que nos vamos referir a seguir, embora se tivessem usado cimentos e pozolanas da mesma proveniência, as suas moeduras não foram realizadas nas mesmas condições. Com efeito, os clínqueres de origem A e C (modificado) que foram usados nesta comparação, foram moídos industrialmente, e a sua moedura em conjunto com as pozolanas n.º 1 e natural de Santo Antão, foi realizada em laboratório. As pozolanas adicionadas ao betão durante a amassadura foram também moídas no laboratório.

No quadro XXV estão indicadas as tensões de rotura de betões fabricados com os cimentos A e C (modificado) — moídos industrialmente na fábrica — e com substituição de 30 % destes cimentos pelas pozolanas n.º 1 e de Santo Antão respectivamente. Figuram também as tensões de rotura de betões idênticos confeccionados com estes cimentos moídos no laboratório e com 70 % destes clínqueres moídos conjuntamente, também em laboratório, com 30 % das pozolanas n.º 1 e de Santo Antão, respectivamente. Em itálico figuram as tensões de rotura dos betões com pozolana e dos betões com cimento pozolânico em percentagem das tensões

QUADRO XXIII

Características químicas e de finura dos cimentos portland

a) — Composição química

Cimentos	Perdas ao fogo %				Insolúvel	Óxidos menores %			Óxidos elementares %					Composição pelo método de Bogue %					Análise microscópica %			
	OH_2 (livre)	OH_2 (combinada)	CO_2	Total		O Mg	O Ca (livre)	$OK_2 + ONa_2$	OCa (combinada)	Si O_2	O_3 Al_2	O_3 Fe_2	SO_3	Si $O_2 \cdot 3$ OCa	Si $O_2 \cdot 2$ OCa	O_3 $Al_2 \cdot 3$ OCa	O_3 $Al_2 \cdot O_3$ $Fe_2 \cdot 4$ OCa	SO_4 Ca	Alite	Belite	Aluminato tricálcico	Alumino-ferrito tetracálcico
A_1	0,36	0,98	0,80	2,14	0,90	1,39	0,00	0,00	61,81	19,58	7,95	3,90	1,98	38,0	27,5	14,2	11,8	3,4	42,3	34,6	12,0	8,3
A_2	0,38	0,79	1,30	2,47	1,03	1,66	1,09	0,59	59,60	19,68	7,97	4,55	1,55	29,6	34,0	13,2	13,8	2,6	46,9	30,5	12,8	9,2
B	0,20	0,85	0,56	1,61	1,26	1,96	2,10	0,11	61,37	21,54	4,96	3,52	1,65	43,6	28,8	6,8	10,7	2,8	48,3	34,5	7,8	7,8
Moderado B	0,31	0,49	1,02	1,82	0,93	1,57	0 68	0,08	62,17	23,23	4,41	3,72	1,44	37,5	38,5	5,4	11,3	2,4	43,8	42,0	5,2	4,6
C	0,14	0,76	0,87	1,77	1,11	2,67	1,83	0,59	60,05	19,73	7,30	3,32	1,64	36,5	29,1	13,5	10,1	2,8	49,5	25,4	14,0	7,8
Modificado C	0,31	0,51	1,05	1,87	1,90	2,39	—	0,35	59,39	19,64	7,85	4,50	2,06	28,5	35,0	13,0	13,7	3,5	43,7	33,5	8,4	12,4
D	0,42	0,72	1,51	2,65	1,57	0,96	1,49	0,06	63,17	23,29	4,93	0,43	1,44	42,0	35,0	12,3	1,3	2,4	44,0	45,5	6,7	1,3

b) — Finura

Cimentos	Superfície específica $cm^2 g^{-1}$		Percentagem do peso de partículas de dimensões inferiores a:			
	Wagner	Blaine	89 μ *	45 μ	30 μ	15 μ
A_1	1790	3560	94,1	64,02	50,60	28,52
A_2	1530	3120	94,1	—	—	—
B	1840	3375	93,1	60,50	48,20	30,76
Moderado B	1890	3390	94,8	60,84	49,50	33,46
C	1410	2860	89,1	54,84	43,30	27,50
Modificado C	1490	2990	91,5	58,36	45,10	28,70
D	1800	3120	98,4	64,26	48,40	28,80

* Determinado por peneiração. Os outros resíduos foram determinados por fluorometria.

QUADRO XXIV

Influência da pozolana nas tensões de rotura do betão

Cimento	Pozolana	Tensões de rotura	1 dia	3 dias	7 dias	28 dias	3 meses	6 meses	1 ano	3 anos	5 anos
A_1	—	Compressão, kg cm^{-2}	25	40	72	126	169	166	162	173	178
		Flexão, kg cm^{-2}			18	23	28	28	32	26	28
	Santo Antão moída a 8000 cm^2 g^{-1}	Compressão kg cm^{-2}	14	22	42	126	141	151	151	212	224
		Compressão %	*56*	*55*	*58*	*100*	*84*	*91*	*93*	*122*	*126*
		Flexão kg cm^{-2}			18	24	34	31	35	30	31
		Flexão %			*100*	*104*	*121*	*111*	*109*	*115*	*110*
	Santo Antão moída a 4000 cm^2 g^{-1}	Compressão kg cm^{-2}			43	86	158	—	201	211	—
		Compressão %			*60*	*68*	*94*	—	*124*	*122*	—
A_2	—	Compressão, kg cm^{-2}	22	52	66	123	134	187	189	176	211
		Flexão, kg cm^{-2}			17	25	25	30	33	33	32
	Artificial n.º 1	Compressão kg cm^{-2}	14	44	74	94	150	170	180	190	200
		Compressão %	*64*	*85*	*112*	*76*	*112*	*91*	*95*	*108*	*95*
		Flexão kg cm^{-2}			17	23	26	32	36	36	35
		Flexão %			*100*	*92*	*104*	*107*	*109*	*109*	*109*
B	—	Compressão, kg cm^{-2}	14	41	111	188	198	189	234	219	232
		Flexão, kg cm^{-2}			15	26	30	37	37	44	35
	Artificial n.º 3	Compressão kg cm^{-2}	11	34	91	157	178	186	193	240	229
		Compressão %	*79*	*83*	*82*	*83*	*90*	*99*	*82*	*109*	*99*
		Flexão kg cm^{-2}			15	22	34	36	43	44	—
		Flexão %			*100*	*85*	*113*	*97*	*117*	*100*	–
Moderado B	—	Compressão, kg cm^{-2}			86	150	188	196	182	233	275
		Flexão, kg cm^{-2}			19	25	34	35	36	37	35
	Artificial n.º 3	Compressão kg cm^{-2}	9	22	62	125	182	201	205	225	308
		Compressão %			*72*	*84*	*97*	*103*	*112*	*97*	*112*
		Flexão kg cm^{-2}			13	17	36	42	41	39	40
		Flexão %			*69*	*68*	*106*	*120*	*114*	*104*	*114*
Modificado C	—	Compressão, kg cm^{-2}	12	28	48	70	143	156	190	185	190
		Flexão, kg cm^{-2}			16	26	32	34	30	30	32
	Artificial n.º 1	Compressão kg cm^{-2}	13	30	50	88	131	171	195	232	227
		Compressão %	*109*	*107*	*104*	*126*	*92*	*109*	*103*	*125*	*119*
		Flexão kg cm^{-2}			9	22	31	40	37	37	43
		Flexão %			*56*	*85*	*97*	*118*	*123*	*123*	*134*
Valor médio da resistência do betão de cimento com 30 % de pozolana, tomando como 100 a resistência do betão de cimento portland		Compressão, %	77	*82*	*74*	*89*	*95*	*98*	*101*	*114*	*110*
		Flexão, %			*85*	*87*	*108*	*110*	*114*	*112*	*117*